Видається з 1996 року

Засновник і видавець
Сумський національний аграрний університет

Реєстраційне свідоцтво
КВ № 23688-13528 Р від 21.11.2018 р.

Редакційна колегія серії
Коваленко І. М., д.б.н., професор, головний редактор, Сумський національний аграрний університет (Україна)
Власенко В. А., д.с.-г.н, професор, заступник головного редактора, Сумський національний аграрний університет (Україна)
Кирильчук К. С., к.б.н., доцент, відповідальний секретар, Сумський національний аграрний університет (Україна)
Ліпса Флорин Деніел, к.с.-г.н., доцент, Університет сільського господарства та ветеринарної медицини (Румунія)
Русу Теодор, д.с.-г.н., професор, Університет сільського господарства та ветеринарної медицини (Румунія)
Тунгуз Весна, к.с.-г.н., доцент, Університет Східного Сараєво (Боснія і Герцеговина)
Мен Фаньхуа, к. с.-г.н., головний науковий співробітник, НДІ зернових культур Академії аграрних наук Китаю (КНР)
Сметанська І. М., к.с.-г.н., д.інж.наук, професор, Університет прикладних наук Вайнштефан-Трісдорф (Німеччина)
Кашпар Ян, к.б.н., доцент, Чеський університет природничих наук (Чеська республіка)
Сопотлієва Десіслава, к.б.н., головний науковий співробітник, Інститут досліджень біорізноманіття та екосистем, Болгарська академія наук (Болгарія)
Данилик І. М., д.б.н., ст.н.с., провідний науковий співробітник, Інститут екології Карпат НАН України (Україна)
Дегтярьов В. В., д.с.-г.н., професор, Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва (Україна)
Дубина Д. В., д.б.н., професор, головний науковий співробітник, Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України (Україна)
Жатова Г. О., к.с-г.н., професор, Сумський національний аграрний університет (Україна)
Захарченко Е. А., к.с.-г.н., доцент, Сумський національний аграрний університет (Україна)
Злобін Ю. А., д.б.н., професор, Почесний професор кафедри екології та ботаніки, Сумський національний агарний університет, (Україна)
Клименко Г. О., к.б.н., доцент, Сумський національний аграрний університет (Україна)
Куземко А. А., д.б.н., професор, ст.н.с., Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, відділ геоботаніки і екології (Україна)
Лихолат О. А., д.б.н., ст.н.с., професор, Університет митної справи та фінансів (Україна)
Мельник А. В., д.с.-г.н., професор, Сумський національний аграрний університет (Україна)

Міністерство освіти і науки України

ВІСНИК СУМСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО АГРАРНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Виходить 4 рази на рік.

Серія «Агрономія і біологія»
Випуск 4 (50), 2022

ЗМІСТ

Cao Zhishan, Vlasenko V.
Laboratory evaluation of the effect of *Beauveria bassiana* on the vital activity of *Grapholitha molesta* (*Lepidoptera: Tortricidae*)……3

Hongxia Zhu, Rozhkova T.
Allelopathic effect of metabolites produced by *Streptomyces sp.* Hu2014 on wheat and green bristlegrass……8

Волгін Д. Г., Гавій В. М.
Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса на фотосинтетичну активність пшениці озимої у фазах весняного кущіння та виходу в трубку……14

Дековець В. О., Кулик М. І., Сиплива Н. О., Руденко О. А.
Залежність врожайності біомаси міскантуса гігантського від кількісних показників рослин за вирощуванні з бобовими культурами в умовах центрального Лісостепу України……21

Зубцова І. В., Міськова О. В., Клименко Г. О.
Структурний аналіз лучної флори регіонального ландшафтного парку «Сеймський»……29

Мамчур Т. В.
Історична гербарна колекція В. С. Горячевої у фонді гербарію Уманського національного університету садівництва (UM)……39

Рудик-Леуська Н. Я., Леуський М. В., Хижняк М. І., Макаренко А. А.
Аналіз видового різноманіття зообентосу Кременчуцького та Каховського водосховищ……47

Троценко Н. В., Жатова Г. О.
Особливості проростання насіння кіноа……55

Хе Сунтао
Фізіолого-біохімічні аспекти реагування рослин на засолення ґрунту (оглядова)……62

Видавничий дім
«Гельветика»
2022

Мельничук С. Д., д.б.н., професор, Сумський національний аграрний університет (Україна)
Міщенко Ю. Г., д.с.-г.н., доцент, Сумський національний аграрний університет (Україна)
Оничко В. І., к.с.-г.н., доцент, Сумський національний аграрний університет (Україна)
Подгаєцький А. А., д.с.-г.н., професор, Сумський національний аграрний університет (Україна)
Скляр В. Г., д.б.н., професор, Сумський національний аграрний університет (Україна)
Скляр Ю. Л., к.б.н., доцент, Сумський національний аграрний університет (Україна)
Троценко В. І., д.с.-г.н., професор, Сумський національний аграрний університет (Україна)
Федорчук М. І., д.с.-г.н., професор, Миколаївський національний аграрний університет (Україна)
Хаблак С. Г., д.б.н., доцент, AGR group (Україна)
Ярощук Р. А., к.с.-г.н., доцент, Сумський національний аграрний університет (Україна)

Науковий журнал «Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія» внесений до переліку наукових фахових видань України (категорії «Б») у галузі біологічних наук (091 «Біологія»), природничих наук (101 «Екологія») та аграрних наук і продовольства (201 «Агрономія», 202 «Захист і карантин рослин», 205 «Лісове господарство» та 206 «Садово-паркове господарство»).

Науковий журнал «Вісник Сумського національного аграрного університету» індексується в Міжнародній наукометричній базі Index Copernicus

Матеріали журналу знаходяться у вільному доступі на сайті https://snaubulletin.com.ua/index.php/ab

Усі статті проходять процедуру таємного рецензування. До публікації в журналі не допускаються матеріали, якщо є достатньо підстав вважати, що вони є плагіатом. Відповідальність за точність наведених даних і цитат покладається на авторів. Матеріали друкуються українською та англійською мовами. У разі цитування посилання на «Вісник Сумського національного аграрного університету» обов'язкове

Друкується згідно з рішенням вченої ради Сумського національного аграрного університету (Протокол № 9 від 27.12.2022 р.)

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика» 65101, Україна, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1
Телефони: +38 (095) 934-48-28, +38 (097) 723-06-08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7623 від 22.06.2022 р.

Тираж 300 пр.
Зам. № 0323/181

© Сумський національний аграрний університет, 2022

UDC 632.7/.9

LABORATORY EVALUATION OF THE EFFECT OF *BEAUVERIA BASSIANA* ON THE VITAL ACTIVITY OF *GRAPHOLITHA MOLESTA* (*LEPIDOPTERA: TORTRICIDAE)*

Cao Zhishan
PhD student
Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
School of Resources and Environment, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang, China
ORCID: 0000-0003-3127-4592
caozhishan123@163.com

Vlasenko Volodymyr
Doctor (Agricultural Sciences), Professor
Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
ORCID: 0000-0002-5535-6747
vlasenkova@ukr.net

Improving yield and quality of the economic crops is a central task in agriculture. One of the great potentials of agriculture is to protect crops from pests. Chemical pesticides have widely used in agricultural production, but excessive amount of them has resulted in many environmental and pest-resistance problems. With the increasing demand for organic products, biopesticides have been an alternative to conventional chemical ones. Moreover, biopesticides are more and more favored by the pesticide market because of their safety for environment, and their unique mechanism of action which is not easy to produce resistance. Entomopathogenic fungi have a wide host range, and they are environment friendly and can markedly improve pest control efficacasy. Entomopathogenic fungi can also as biological control agent against the oriental fruit moth, Grapholita molesta (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae), a significant pest of stone and pome fruits. Beauveria bassiana is one of the most widely studied entomopathogenic fungus and it is used as biopesticide. B. bassiana, is a broad spectrum entomopathogenic fungus with strong pathogenicity. It is easy cultured and its pathogenic is enough to keep pest populations below an economic threshold level. It has a special status in field of biological control. In order to better understand its mechanism and control effect on oriental fruit moth, in this study we analyzed the lethal effect under two different infection modes of B. bassiana and the affection of three concentrations of spore suspensions. The fourth instar larvae of oriental fruit moth were treated by impregnation method and the feeding method at different spore suspension of 1×10^5 conidia/mL, 1×10^6 conidia/mL, 1×10^7 conidia/mL, the mortality rate and body weight were calculated. The results showed that the maximum corrected mortality rate of cuticular infection and digestive tract infection on oriental fruit moth infected by B. bassiana was 65.7% and 22.7%, respectively. Compared with the control group, the body weight was decreased in different degrees. Under laboratory conditions, the concentration of B. bassiana of 1×10^7 conidia/mL is the economical and effective concentration for the control of the oriental fruit moth.

Key words: *plant pests, oriental fruit moth, plant protection, biological control, Beauveria bassiana.*

DOI https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.4.1

Introduction. Entomopathogenic fungi are one of the most studied, produced and applied biological agents for biological control (St Leger & Screen, 2001). *Beauveria bassiana* is a broad-spectrum entomopathogenic fungus with strong pathogenicity, and it is widely used for agricultural and forestry pest control (Feng, 1998). When the temperature and humidity is suitable, conidia of *B. bassiana* can germinated and entered the host body cavity through the insect's body wall (Liu & Guo, 2019). Mycelium grows in the haemocoel, produces toxic metabolites that lead to host death and eventually invades all organs of the host, and re-produces spores through the body wall (Gupta et al., 1994). *B. bassiana* can infects its host by two ways: the first one – through contact with the insect from the body wall**,** spiracle, the invasion of internode membrane, stoma and wound, which is the main way of its infection (Hu & Fang, 1996). The other way is by feeding and breathing of insects: *B. bassiana* invades the host through internal channels such as digestive tract and respiratory tract. For the same insect, the development period is different, the infection mode is different as well (Quesada et al., 2013). For example, when *Myllocerinus aurolineatus Voss* is infected by *Beauveria bassiana*, the larvae directly infected the body wall, valve, and intermembrane after spore germination, while the adults are infected by swallowing a large number of spores, which entered the body and germinated (Wu et al., 2012). The larvae of *Culex spp* were mainly infected by *B. bassiana* through respiratory tract, while the adults were mainly infected through body wall (Vogels et al., 2014). Therefore, in order to improve the biological control effect of *B. bassiana* for the target insect, it is of great significance to study the infection mode.

The oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Busck) (*Lepidoptera: Tortricidae*), is a serious pest of fruit trees and fruits in most temperate regions of the world (Myers et al., 2006; Wang et al., 2017). The oriental fruit moth is a host-switching pest species. The stone fruit peach is considered as its primary host, whereas the pome fruits pear and apple are supposed as its secondary hosts (Rice et al., 1972; Rothschild & Vickers, 1991).

Its larvae often bore into shoots or fruits and make damage, seriously affect the quality and yield of the fruit which always cause great economic losses (Kanga et al., 2003). *B. bassiana* as a better biological agent has been reported has potential for suppression of larvae pest (Ran et al., 2016; Sarker et al., 2020). However, there were few reports about the infection mode of oriental fruit moth by *B. bassiana*. In this study, we analyse different concentrations and infection modes of *B. bassiana* against larvae of oriental fruit moth under laboratory condition. These results will help a lay the foundation for further studying of relations between *B. bassiana* and oriental fruit moth, and better improving the control effect of *B. bassiana* for oriental fruit moth.

Materials and methods. *Insect cultures.* In the laboratory condition, the insects were reared on artificial diet for more than 30 generations before the experiment beginning. The adults were reared in beaker (2L in volume) with one fresh Fuji (it is a variety of apple, experiments show that different apple varieties have great influence on larval feeding, and this kind of apple is not easy to rot, and better feeding) apple and a waxed paper inside for egg laying and fed with 10% honey solution. Neonate larvae were reared in the apples, and late instar larvae (third to fifth instar) were picked out from the rotten apples (Wang et al., 2017; Zhang et al., 2021). The late instar larvae were reared on artificial diet until pupation, following the methods of Du et al (2009). All of them were reared under a photoperiod of 15: 9 L: D, 85% relative humidity and 26.5 °C till the appropriate assay instar.

Fungal Pathogen and Preparation of Conidial Suspension. B. bassiana BNCC 111705 was from BeNa Culture Collection, and cultured on potato dextrose (PDA) plates at 28°C, 95% humidity under complete darkness. Conidia (spores) used for the infection were harvested from 5–7 days old cultures by scraping the surface of the mycelia with 40 ml ddH_2O, filtered with sterile gauze, and then washed with ddH_2O for third times. The spore concentrations were adjusted to 1×10^5 conidia/mL, 1×10^6 conidia/mL, 1×10^7 conidia/mL. The viability of conidia was determined before the bioassay, and greater than 95% conidia germination was observed in all tests.

Larva Bioassays infected by impregnation and feeding methods. Fourth instar larvae with consistent growth were selected and used for two different modes of infection.

Immersion method: infected insects were soaked in the spore suspension of 1×10^5 conidia/mL, 1×10^6 conidia/mL, 1×10^7 conidia/mL, for 10 s, while the insects of control group were treated with ddH_2O for the same duration.

Feeding method: the same size of artificial diet was smeared with the suspensions of conidia with different concentrations of *B. bassiana*, and place on absorbent paper for a few times to dry excess water surface. The treated group of insects were feed with the artificial diet coated with *B. bassiana.* The control groups were feeding with asepsis artificial diet.

A total of 120 insects for each treatment with three biological replicates, and each biological replicate with 30 larvae respectively. Insects were further dried with sterile filter paper, and reared separately in a dactylethrae with artificial diet and kept in Artificial Climate Chamber, at 26.5 °C, 95% RH, under a photoperiod of 15 L: 9 D.

Mortality was observed every 24 h for larvae and, until all insects in the control had died. Every larva in control group and treatment group was numbered, and the body weight of it was recorded on the first day of the fifth instar and pupal stages in each group.

Statistical Analysis. Statistical analyses were all performed using SPSS 18.0 Statistics software and graphs were constructed using Graph Pad Prism. 7.00. software. One-way analysis of variance (ANOVA) and Tukey's test were used, $P < 0.05$ was considered significant (Zar, 2010). Corrected mortality (%) = (treatment mortality – control mortality) /(1 – control mortality) ×100%.

Results. *Morphology of larvae infected with Beauveria bassiana.* Studies have shown that the insects of treated groups infected with different concentration of *B. bassiana* suspension, were characterized by decreasing body size with the increase of the concentration of *Beauveria bassiana* solution after 4-th day infected. The control group larvae pupated at 8-th day, while some of the treatment group larvae not pupated and their body covered with white mycelium and conidia formed on top of the mycelial mass.

Larval Mortality infected by B. bassiana.

Infected through body wall. Larvae of oriental fruit moth fastly died when the spore concentration was 1×10^7 conidia/mL, and the corrected mortality for this was 65.7%. The corrected mortality infected with 1×10^5 conidia/mL suspension of *B. bassiana* was 44.9%, which reached the maximum death rate on 7 days. And the lethal effect of these two groups (1×10^6 conidia/mL and 1×10^7 conidia/mL) were significantly higher than that of 1×10^5 conidia/mL *B. bassiana* concentration 11.7%).

Compared with the control group, the body weight of larvae treated with 1×10^5 conidia/mL decreased to 24% and 21% at the fifth and pupa ages, in the group treated with 1×10^6 conidia/mL, body weight decreased to 36% and 31% at the fifth and pupa ages. In the group treated with 1×10^7 conidia/mL body weight decreased to 75% and 74% at the fifth and pupa ages which was significantly lower than that of the control group and the lower concentrations (Figures 1, 2).

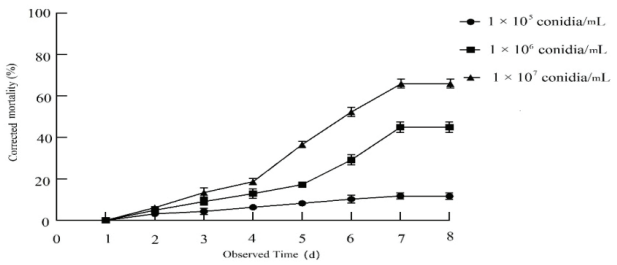


Fig. 1. The corrected mortality of cuticular infection of oriental fruit moth infected by different concentration of *B. bassiana*
(The bars represent the mean ± SD (n = 3)

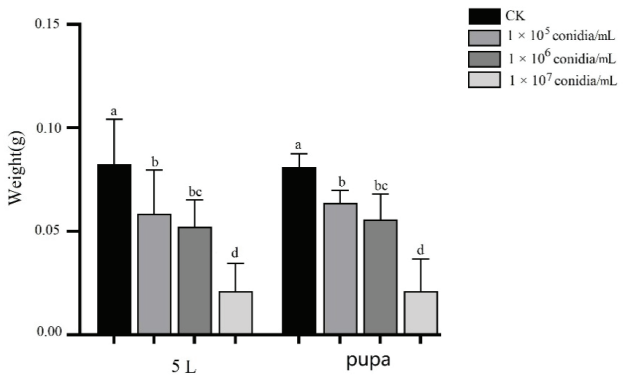


Fig. 2. Weight of oriental fruit moth infected by *B. bassiana* (cuticular infection) (Data represent mean ± SD, the same age, different concentrations according to ANOVA and Turkey test method significance difference analysis, means followed by the same letter are not significantly different (α=0.05)

Infected by feeding. The results showed that the corrected mortality of *B. bassiana* was up to 22.7% when the concentration of conidia suspension was 1×10^7 conidia/mL. The corrected mortality of larvae was less than 20% when the concentration was reduced (7.6% and 16.7%). When the concentration of conidia suspension was 1×10^7 conidia/mL, it shows that the larval body weight significantly decreased. Meanwhile, comparing to other groups (1×10^5 conidia/mL and 1×10^6 conidia/mL), the difference is statistically significant. And there was no significant difference in body weight between different instars and control group, when the concentration of conidia suspension was 1×10^5 conidia/mL and 1×10^6 conidia/mL (Figures 3,4).

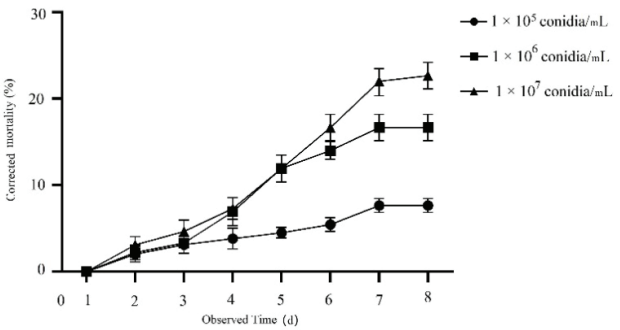


Fig. 3. The corrected mortality of digestive tract infection of oriental fruit moth infected by different concentration of *B. bassiana. (*The bars represent the mean ± SD (n = 3).

Discussion. The entomopathogenic fungus of *B. bassiana* is well known as a potential alternative to chemical pesticides for control of insect pests and is commercially available for such purpose in numerous countries worldwide (Glare et al., 2008; Sevim et al., 2010; Glare & Inwood, 2014; Saranraj & Jayaprakash, 2017). Compared with bacterial and viral insecticides, fungal insecticides have stronger spreading ability and wider control spectrum due

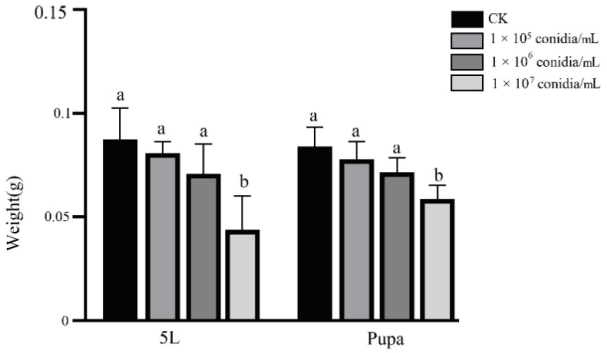


Fig. 4. Weight of digestive tract infection of oriental fruit moth infected by *B. bassiana* (Data represent mean ± SD, the same age, different concentrations according to ANOVA and Turkey test method significance difference analysis, means followed by the same letter are not significantly different (α=0.05)

to its unique way of infecting insect body walls. In this study, when the concentration is 1×10^7 conidia/mL, the mortality of cuticular infection of oriental fruit moth infected by *B. bassiana* is significantly higher than that of digestive tract infection. In previous researches are reported that for other larvae of *Lepidopteran* the similar phenomenon is observed. In *Plutella xylostella*, the correct mortality of cuticular infection with *B. bassiana* Bb02 (1×10^7 conidia/ mL) was 73.79%, while that of digestive tract infection was 33.79% (Lei et al., 2010). However, sometimes, for the same insect, due to the different concentration and host strain type, the results are significantly different. In *Plutella xylostella*, infected with *B. bassiana* GDS at concentration of 1×10^8 conidia/mL the corrected mortality of digestive tract infection was 80.5%, (Yan *et al.,* 2013). The corrected mortality was 92.4% when infected through cuticular with *B. bassiana* MZ041016 at concentration of 2.3×10^8 conidia/mL (Yuan *et al.,* 2007). *B. bassiana* HFW-05 was successfully infected in *Helicoverpa armigera* through the digestive tract (feeding method), and the corrected mortality rate was 75.8% after 6th days infected. The body weight and food intake of the insects infected with *B. beauversiana* HFW-05 through the cuticle surface were similar to those of the control group (the corrected mortality rate of 6th days was only 17.3%, and the pathogenic effect could not be achieved through the cuticle surface (Cao et al., 2011). However, Yu et al (2020) reports that in *Helicoverpa armigera*, after 10th day infected by *B. bassiana* at concentration of 1.5×10^8 conidia/mL, the corrected mortality of cuticular infection was 63%, and that of digestive tract infection was only 38% (Yu et al., 2020). It is generally believed that the host relationship between *B. bassiana* and its hosts is established mainly through the germination of conidia on the insect body surface, producing bud tubes and forming appressorium to penetrate the host body wall, and then invading the host body for reproduction (Cao et al., 2013; Holder & Keyhani, 2015). However, the hyphomycetes of *B. bassiana* can also entry through the digestive tract, conidia enter the digestive tract with food, germinate in the digestive tract, grow into

mycelia, and then invade and expand into the body cavity through the intestinal wall cells (Ferron, 1978; Huang et al., 2002; Lei et al., 2010). Thus, it is of great significance to better understand its infection mode and to achieve better control effect. Until now, only a few entomopathogenic fungus have been studied to determine their effects on *G. molesta*. And, there was no reports on the infection mode of *G. molesta* with *B. bassiana*.

Conclusions. In this study, *G. molesta* infected with *B. bassiana* through cuticular infection had higher corrected mortality and better weight inhibition than that of digestive tract infection. These results provide reliable theoretical support for the development and production of fungal preparations for the control of *G. molesta*. Meanwhile, *B. bassiana* at concentration of 1×10^7 conidia/mL may have potential to be used as control measure against *G. molesta* in fruit orchards, but the field experiment needs further verification. Moreover, *B. bassiana* is also affected by many other environmental factors, and it need to be further researched ways of improving its control effect on *G. molesta* in the future.

References:

1. Cao, W. P., Song, J., Zhen, W., Wang, J. Y., Feng, S. L. & Du, L. X. (2013). Correlation between Biological Characteristics of *Beauveria bassiana* and its Cuticle infection on different insects. Chinese Journal of Biological Control, 29(4), 503–508. doi: l0. 1005/j. issn.1-9261 (2013) 04-0503-06
2. Cao. W. P., Wang, G., Zhen, W., Wang, L.X., Song, J., Wang, J.Y. & Feng, S.L. (2011). Comparison of toxicity and histopathological changes of different infection modes of *Beauveria bassiana* in Helicoverpa armigera larvae. Acta Enotomlogica Sinica, 4, 409-415.
3. Du, J., Guo, J.T., Zhang, Y.S. & Wu, J.X. (2009). Effect of Temperature on Development and Reproduction of Grapholitha molesta (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae). Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 18(6), 314–318. doi: 10. 1004/1389.200 9. 06.0314.05
4. Feng, M.G. (1998). Bioinsecticide and new revolution of agricultural science and technology. Plant protection in the 21st century and selections of the 3rd academic forum for Chinese young scientists majoring in plant protection. Beijing. China Science and Technology Publish House. doi: 10.1080/09583159409355309
5. Ferron, P. (1978). Biological control of insect pests by entomogenous fungi. Annual Reviews of Entomology, 23, 409–442. doi: 10.1146/annurev.en.23.010178.002205
6. Glare, T.R. & Inwood. A. (2014). Morphological and genetic characterization of Beauveria spp. From New Zealand. Mycological Research, 102, 250–256. doi: 10.1007/s11046-010-9321-6
7. Glare, T.R., Reay, S.D., Nelson, T.L. & Moore. R. (2007). Beauveria caledonica is a naturally occurring pathogen of forest beetles. Mycological Research, 112, 352–360. doi: 10.1016/j.mycres.2007.10.015
8. Gupta, S. C., Leathers, T. D., El-Sayed, G. N. & Ignoffo, C. M. (1991). Relationships among enzyme activities and virulence parameters in Beauveria bassiana Infections of Galleria mellonella and Trichoplusia ni. Journal of Invertebrate Pathology, 61(1), 1317. doi: 10.1006/jipa.1994.1062
9. Holder, D. J. & Keyhani, N. O. (2015). Adhesion of the entomopathogenic fungus Beauveria bassiana to substrata. Applied & Environmental Microbiology, 71, 5260–5266. doi: 10.1128/AEM.71.9.5260–5266.2005
10. Hu, J. J. & Fan, M. Z. (1996). Relation between Extracellular Protease of Beauveria bassiana and Its Virulence to Dendrolinus punctatus. Journal of Anhui agricultural university, 23(3), 273–278.
11. Huang, B., Chun, L., Zhen, L., Gang, M., Zhen, F. & Li, Z. (2002). Molecular identification of the teleomorph of Beauveria bassiana. Mycotaxon, 81, 229–236. doi: 10.1002/iub.14
12. Lei, Y. Y., Lv. L. L. & He, L.R. (2010). Pathogenicity of Beauveria bassiana against Plutella xylostella under different inoculation methods. Plant Protection, 36 (6), 142–146. doi:10.3969/j. issn. 0529-1524.2010.06.033
13. Liu, C. & Guo, Z. H. (2019). Electron microscopic observations on Beauveria bassiana infecting Ostrinia nubilalis. Journal of Chinese Electron Microscopy Society, 38(2), 144–149. doi:10.3969/j. issn.1000-6281.2019.02.009
14. Myers, C. T., Hull, L. A. & Krawczyk, G. (2006). Seasonal and cultivar-associated variation in oviposition preference of oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) adults and feeding behavior of neonate larvae in apples. Journal of Economic Entomology, 99(2), 349–358. doi: 10.1603/0022-0493-99.2.349
15. Ran, H.F., Lu, Z.Y., Liu, W.X., Ma, A.H., Liu, X.X., Sun, H.P., Li, J.C. & Zhang, Q.W. (2016). Advances in research on the biological control of the oriental fruit moth. Chinese Journal of Applied Entomology, 53(5), 931–941. doi: 10.7679/j. issn.2095-1353.2016.116
16. Rice, R.E., Doyle, J. & Jones, R.A. (1972). Pear as a host of the oriental fruit moth in California. Journal of Economic Entomology, 65, 1212–1213. doi: 10.1093/jee/65.4.1212
17. Rothschild, G.H.L. & Vickers, R.A. (1991). Biology, ecology and control of the oriental fruit moth. pp. 389-412. in van der Geest, L.P.S. & Evenhuis, H.H. (Eds) Tortricid Pests: Their Biology, Natural Enemies, and Control. New York, Elsevier Publishers.
18. Saranraj, P. & Jayaprakash, A. (2017). Agrobeneficial Entomopathogenic fungi – Beauveria bassiana: a review. Indo-Asian Journal of Multidisciplinary Research, 3(2), 1051–1087. doi: 10.22192/iajmr.2017.3.2.4
19. Sarker, S., Woo, Y.H. & Lim, U.T. (2020). Laboratory Evaluation of Beauveria bassiana ARP14 against Grapholita molesta (Lepidoptera: Tortricidae). Current Microbiology, 77(9), 2365–2373. doi: 10.1007/s00284-020-02012-4
20. Sevim, A., Demir, I. & Demirbag, Z. (2010). Molecular Characterization and Virulence of Beauveria spp. from the Pine Processionary Moth, Thaumetopoea pityocampa (Lepidoptera: Thaumetopoeidae). Mycopathologia, 170, 269–277. doi: 10.1007/s11046-010-9321-6
21. St Leger, R. J. & Screen, S. (2001). Prospects for strain improvement of fungal pathogens of insects and weeds. Fungal as Biocontrol Agents. London: Publish House: CABI, 219–237. doi: 10.1079/9780851993560.0219

22. Vogels, C. B., Bukhari, T. & Koenraadt, C. J. (2014). Fitness consequences of larval exposure to Beauveria bassiana on adults of the malaria vector Anopheles stephensi. Journal of invertebrate pathology, 119, 19–24. doi: 10.1016/j. jip.2014.03.003

23. Wang, X., Li, Y., Zhang, J., Liu, X., Zhen, L. & Zhang, Y. (2017). De novo characterization of microRNAs in oriental fruit moth *Grapholita molesta* and selection of reference genes for normalization of microRNA expression. PLoS ONE, 12(2), e0171120. doi: 10.1371/journal.pone.0171120

24. Wang, Y. Z., Li, B.Y., Hoffmann, A.A., Cao, L. J., Gong, Y. J., Song, W., Zhu, J. Y. & Wei, S. J. (2017). Patterns of genetic variation among geographic and host-plant associated populations of the peach fruit moth Carposina sasakii (Lepidoptera: Carposinidae). BMC Evolutionary Biology, 17, 26. doi: 10.5061/dryad. nd3s7

25. Wu, G.Y., Zeng, M.S., Wang, Q. S., Ling, A. X. & Sun, J. D. (2002). Studies on Beauveria Bassiana strain 871 and its use against Myllocrinus aurolineatus. Wuyi Science Journal, 18, 156–159. doi: 10.1001/waj.2002. 01

26. Yan, X. Z., Sun, X.J., Deng, C. P. & Hao, C. (2013). Measurement of the Virulence of Beauveria bassiana GDS Strains to the Plutella xylostella (Lepidoptera: Plutellid). Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 41(11), 1221–1223. doi: l0.3969 /j. issn.1002-2481.2013.11.18

27. Yu, J., Zha, M., Zheng, M.J. & Liu, X.X. (2020). Evaluate on the Indoor Control Effect of Beauveria bassiana and Metarhizium anisopliae on Helicoverpa armigera. Xinjiang Agricultural Sciences, 57(4), 608-615. doi: 10.6048 /j. issn.1001-4330.2020.04.003

28. Yuan, S. Y., Kong, Q., Wang, L. B., Li, Z. Y., Chen, B. & Xiao, C. (2007). Laboratory toxicity of Beauveria bassiana MZ041016 to Plutella xylostella. Jiangsu Agricultural Sciences, 6, 74–75.

29. Zar, J.H. (2010). Biostatistical analysis, 5th Edn. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.

30. Zhang, J., Tang, R.X., Fang, H.B. Liu, X.X., Michaud, J.P., Zhou, Z.Y., Zhang, Q.W. & Li, Z. (2021). Laboratory and field studies supporting augmentation biological control of oriental fruit moth, Grapholita molesta (Lepidoptera: Tortricidae), using Trichogramma dendrolimi (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Pest Management Science, 77, 2795–2803. doi: 10.1002/ps.6311

Цао Чжишань, *аспірантка, Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна; Школа ресурсів і навколишнього середовища, Інститут науки і технологій Хенань, м. Сіньсян, КНР*

Власенко В., *доктор сільськогосподарських наук, професор, Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна*

Лабораторна оцінка впливу Beauveria bassiana на життєдіяльність Grapholita molesta (Lepidoptera: Tortricidae)

Підвищення врожайності та якості господарських культур є центральним завданням у сучасному сільському господарстві. Одним з найбільших потенціалів сільського господарства є захист сільськогосподарських культур від шкідників. Хімічні пестициди широко використовуються в сільськогосподарському виробництві, але їх надмірне застосування призвело до багатьох екологічних проблем і підвищення резистентності шкідників. Зі зростанням попиту на органічні продукти біопестициди стали альтернативою звичайним хімічним препаратам. Більш того, біопестициди користуються все більшим попитом на ринку пестицидів через їх безпеку та захист навколишнього середовища, а також через їх унікальний механізм дії, до якого нелегко виробити стійкість шкідникам. Ентомопатогенні гриби мають широкий спектр господарів і нешкідливі для навколишнього середовища. Вони можуть помітно підвищити ефективність боротьби зі шкідниками, а також бути важливим біологічним засобом боротьби зі східною плодожеркою Grapholita molesta (Busck) (Лускокрилі: Tortricidae), що є небезпечним шкідником кісточкових і зерняткових культур. Beauveria bassiana – один з найбільш широко вивчених ентомопатогенних грибів, який широко використовується як біопестицид. Цей ентомопатогенний гриб має широкий спектр дії, сильну патогенність, легко культивується. Рівня патогенності гриба достатньо, щоб підтримувати популяції шкідників нижче економічного порогу шкодочинності. Він має особливий статус у галузі біологічного контролю. Щоб краще зрозуміти його механізм і контрольовану дію на східну плодожерку, в цьому дослідженні нами проаналізовано летальний ефект при двох різних способах зараження B. bassiana і ураженні трьома концентраціями суспензій спор. Личинок східної плодожерки четвертого віку обробляли методом просочення і методом годування суспензією спор різної концентрації (1×10^5 конідій/мл, 1×10^6 конідій/мл та 1×10^7 конідій/мл), фіксували рівень смертності та масу тіла. Результати показали, що максимальний скоригований рівень смертності від інфекції кутикули та інфекції травного тракту в східної плодожерки, зараженої B. bassiana, становив 65,7% та 22,7% відповідно. У порівнянні з контрольною групою маса тіла була знижена. У лабораторних умовах концентрація B. bassiana 1×10^7 конідій/мл є економічно ефективною для боротьби зі східною плодожеркою.

Ключові слова: *шкідники рослин, східна плодожерка, захист рослин, біологічний контроль, Beauveria bassiana.*

UDC 581.524.579.873.71: 632.5

ALLELOPATHIC EFFECT OF METABOLITES PRODUCED BY *STREPTOMYCES SP*. HU2014 ON WHEAT AND GREEN BRISTLEGRASS

Hongxia Zhu
PhD student
Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang, China
ORCID: 0000-0003-0113-779X
zhxhg105@163.com

Rozhkova Tetiana
PhD (Biological Sciences), Associate Professor, Senior Research Fellow
Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
Institute of Microbiology and Virology named after D.K. Zabolotny
of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: 0000-0002-3310-2930
rozhkova8@gmail.com

Plant growth-promoting rhizobacteria widely exist in the plant rhizosphere. They provide nutrition and produce some antibiotic substances to suppress the plant diseases and promote the growth of plants. Therefore, the study of allelopathy is a very important part in the interaction between rhizobacteria and plant. Streptomyces, a genus of actinomycetes, is well known for its bioactive metabolites, mainly including antibiotics, hormones, and hydrolase, which can affect plants growth. In the present study, the allelopathic effect of Streptomyces sp. HU2014 metabolites on wheat (Triticum aestivum L.) and green bristlegrass (Setaria viridis (L.) Beauv.) were estimated using the response index (RI). Negative RI values indicated inhibition of plant growth; positive values indicated stimulation of plant growth. Four fractions (F2, F4, F6 and F8) from the cell-free filtrates of HU2014 culture broth had a certain effect on the shoot and root length of above tested plant seedlings. For wheat, the results showed that fraction of F2 at 10 mg/ml had the strongest inhibition on the shoot length (RI = -0.53) and root length (RI = -0.22). However, fraction of F2 at 1 mg/ml promoted the shoot length (RI = 0.01). Fraction of F4 and F6 at 10 mg/ml had strongest inhibition on the shoot and root length. Fraction of F8 had the highest inhibition on the shoot length (RI = -0.66) at 5 mg/ml, and the root length (RI = -0.66) at 10 mg/ml. For green bristlegrass, F2 fraction at 10 mg/ml had the strongest inhibition on the shoot (RI = -0.73) and root length (RI = -1.00). F4 fraction had the highest inhibition on the shoot length (RI = -0.69) at 5mg/ml, and the root length (RI = -0.85) at 10 mg/ml. Fraction of F6 had the highest inhibition on the shoot length (RI = -0.59) at 10 mg/ml, and the root length (RI = -0.80) at 5 mg/ml. Fraction of F8 had the highest inhibition on the shoot length (RI = -0.47) at 5mg/ml, and the root length (RI = -0.93) at 10 mg/ml. From the above results, we can draw a conclusion that four fractions had the allelopathic effects on the shoot and root length of two tested plants except F2 fraction at 1 mg/ml promoting the wheat shoot length. Thus, at an early stage of plant growth, the low concentration of allelopathic substances produced by HU2014 may promote the growth of wheat, while these agents inhibit the growth of green bristlegrass. Therefore, this strain can be promising both as a biofungicide and as a bioherbicide.

Key words: *Streptomyces, allelopathy, response index, wheat, green bristlegrass.*

DOI https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.4.2

Introduction. Allelopathy is a common biological phenomenon by which one organism produces biochemicals that influence the growth, survival, development, and reproduction of other organisms. Animals, plants and microorganisms are among them. These biochemicals are known as allelochemicals and have beneficial or detrimental effects on target organisms (Cheng et al., 2015). Therefore, allelopathy is accepted as a technology to implement for weed control and biological control of other useful traits (Ozcatalbas et al., 2010).

Allelochemicals are released into the soil rhizosphere by a variety of mechanisms, including metabolites, decomposition of residues, and exudation. Moreover, these chemicals play a role in plant defense, nutrient chelation, and regulation of soil biota (Aslam et al., 2017). The allelochemicals found so far are mostly secondary metabolites of plants or microorganisms. Organic acids with low molecular weight, phenols and terpenoids are most common.

Volatile organic compounds (VOCs) have the allelopathic effects on plant physiological and biochemical processes including growth, content of reactive oxygen species (ROS), enzyme activity, and photosynthesis except plant-to-plant communication as a signaling substance (Xie et al., 2021).

Sorgoleone separated from *Sorghum* had the potential for weed control and yield enhancement (Hussain et al., 2021). Three chemicals – veratric acid, maltol, and (-) loliolide,- were isolated from crabgrass significantly inhibited the growth of wheat, maize, and soybean and reduced soil microbial biomass carbon (Zhou et al., 2013). Cinnamic acid and vanillin in eggplants root exudates changed the microbes population of grafted eggplants (Chen et al., 2011).

However, there are relatively few reports on the allelopathy of microorganisms which also play an important role in the biological chain of ecosystem. It was reported 2,2'-methylenebis[6-(1,1-dimethylethyl)-4-methyl-Phenol and 1,2,3,4-Butanetetrol identified from *Bacillus amyloliquefaciens* inhibited the seeds germination of *C. equisetifolia* (Chen et al., 2021).

Streptomyces can produce a variety of bioactive substances, which play an important role in improving the plant disease resistance and promoting growth (Katz et al., 2016; Tarkka et al., 2008). Therefore, this species is promising in agriculture as plant-growth-promoting (PGP) bacteria and/or biological control agents (BCAs) (Dias et al., 2017; Viaene et al., 2016). However, in practical application, we should also consider the impact of it on cash crops and weeds in field.

Long-term research is devoted to the study of the effectiveness of biological control of plant diseases by strains *Streptomyces sp.* HU2014. In view of the interactions between the strain and plants, it is necessary to research the allelopathy of this strain on wheat (*Triticum aestivum* L.) and weeds. In this study, green bristlegrass (*Setaria viridis* (L.) Beauv.), one of weeds, was chosen due to its strong adaptability and widespread distribution in farmland in China. Four fractions of the cell-free filtrates of *Streptomyces ap.* HU2014 culture broth were applied to assess the allelopathic effect on the seed germination of wheat and green bristlegrass. Four fractions from the fermentation broth of HU2014 were co-cultured at different concentration with the seeds of two plants and the sensitivity index of them was detected.

Materials and methods. The experiment was conducted in March 2021 in Xinxiang, China. *Streptomyces sp*. HU2014 was provided by Henan Institute of Science and Technology in China. Wheat variety of Zhoumai 22 (ZM22) was provided by the Chinese Academy of Agricultural Sciences Qiliying Base in Xinxiang and the HIST Wheat Breeding Center. Green bristlegrass seeds were purchased on line (https://www.lvbad.com/).

Seed pre-germination. Wheat (ZM22) seeds were washed with distilled water, then they were laid out on a tray and covered with gauze. Seeds were kept moist, the water was changed 2~3 times a day. After 24 hours, the exposed seeds were selected for research. Seeds of green bristlegrass were kept in distilled water at 55℃ for 10 min, then they were wrapped with gauze for germination. Seeds were loosed once every 5 hours for air exchange and water was added in the process. The exposed seeds were selected for research after most of them germinated.

The sensitivity index assessment. In the preparatory work, we had separated four fractions (F2, F4, F6, and F8) from the extracellular fermentation of *Streptomyces sp*. HU2014 (Zhu et al., 2022). Fractions of F2 and F4 were dissolved with sterile water and fractions of F6 and F8 were dissolved in ethanol solution (0.4% vv-1), which reached to 1 mg/mL, 5 mg/mL and 10 mg/mL concentration, respectively. Sterile water (named CK) and 0.4% ethanol solution were as controls. Solution of 10 mL per treatment was added on the filter paper which fully covered the inside Petri dish, then 5 per-germinated ZM22 and green bristlegrass seeds were cultured in each Petri dish for 5 days at (25±1)℃, respectively. Every treatment was in triplicates. The shoot and root length of all seedlings in Petri dishes were measured using vernier caliper.

The response index (RI) which measures the treatment responses (T) in relation to their control responses (C) was calculated according the method of Williamson (Williamson et al., 1988). RI is defined as follows: If T < C, then RI = C/T- 1; if T ≥ C, RI = 1-C/T. Negative RI values indicated inhibition of plant growth; positive RI values indicated stimulation of plant growth.

Statistics. Each experiment was done thrice with three biological replicates. Basic data were recorded and processed by Excel (Office 2020). Results were expressed as mean±standard deviation.

Results. In this study, we assessed the allelopathy of four fractions of HU2014 culture on wheat and green bristlegrass.

For wheat, the results showed that four fractions had a certain allelopathic effect on the seedling shoot and root length (Fig. 1, Table 1).

The allelopathy of inhibiting the seedling and root growth was more powerful with the increasing concentration of F2 fraction except for 1 mg/mL. Fraction of F2 at 10 mg/mL had the strongest inhibition on the shoot and root length, the RI values were -0.53 and -0.22, respectively. It was noticed that F2 fraction at 1 mg/mL promoted the shoot length (RI = 0.01). The allelopathy of inhibiting the seedling and root growth was also stronger with the increasing concentration of F4 and F6 fractions. The two fractions at 10 mg/mL had strongest inhibition on the shoot and root length. The RI values for the shoot length were -0.30 and -0.76, and for the root length were -0.58 and -0.62, respectively. Fraction of F8 at 5 mg/mL had the highest inhibition, whereas fraction of F8 at 10 mg/mL had the lowest inhibition on the shoot length (RI were -0.66 and -0.47, respectively). As for root length fraction of F8 at 10 mg/mL had the highest inhibition, whereas F8 at 5 mg/mL had the lowest inhibition (RI were -0.66 and -0.43, respectively).

For green bristlegrass, it was concluded that four fractions had a strong inhibitory effect on the shoot and root length. Moreover, allelopathy of F2 fraction grew with the concentration increasing, while there was no such correlation in relation of other three fractions (Fig. 2, Table 2).

Fraction of F2 at 10 mg/mL had the strongest inhibition on the seedling and root length and the RI values were -0.73 and -1.00, respectively. Fraction of F4 at 5mg/mL had the highest inhibition on the seedling length (RI = -0.69), and at 10 mg/mL had the highest inhibition on the root length (RI = -0.85). Fraction of F6 at 10 mg/mL had the highest inhibition on the shoot length (RI = -0.59), and at 5 mg/mL had the highest inhibition on the root length (RI = -0.80). Fraction of F8 at 5mg/mL had the highest inhibition on the shoot length (RI = -0.47), and at 10 mg/mL had the highest inhibition on the root length (RI = -0.93).

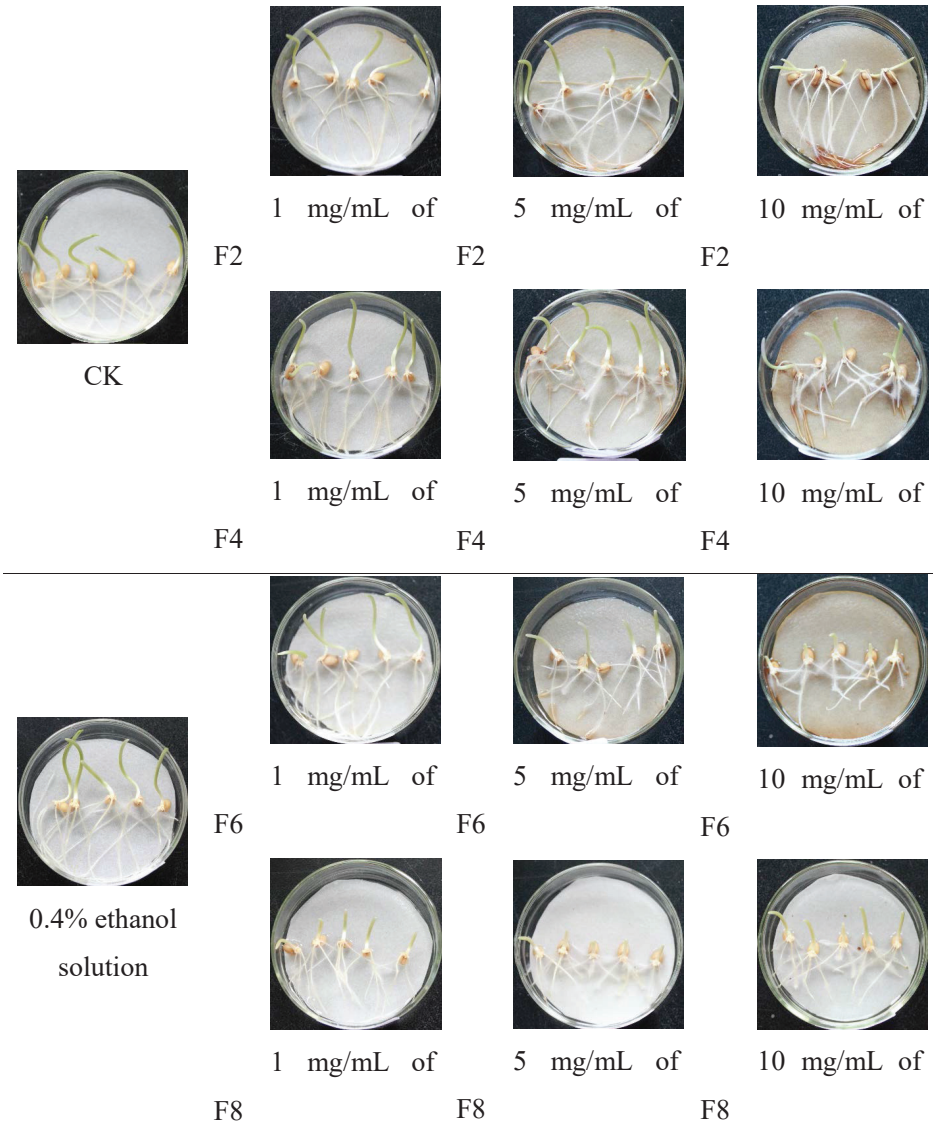


Fig. 1. The seedling growth of wheat after four fractions treatment

Table 1

The sensitivity index of wheat seedling and root length

Concentration, mg/mL		RI value (seeding length)	RI value (root length)
F2	1	0.01±0.45	-0.10±0.99
	5	-0.22±0.72	-0.11±1.09
	10	-0.53±0.32	-0.22±0.55
F4	1	-0.06±0.71	-0.34±0.77
	5	-0.08±0.90	-0.50±0.39
	10	-0.30±0.67	-0.58±0.41
F6	1	-0.02±0.66	-0.34±0.38
	5	-0.45±0.19	-0.54±0.93
	10	-0.76±0.33	-0.62±0.88
F8	1	-0.50±0.67	-0.58±0.97
	5	-0.66±0.58	-0.43±0.59
	10	-0.47±0.97	-0.66±0.43

Note: F2, F4, F6 and F8 represents four ethanol extracts respectively. Each treatment was done three times with three biological replicates. 1, 5, and 10 represent 1mg/mL, 5 mg/mL, and 10 mg/mL, respectively.

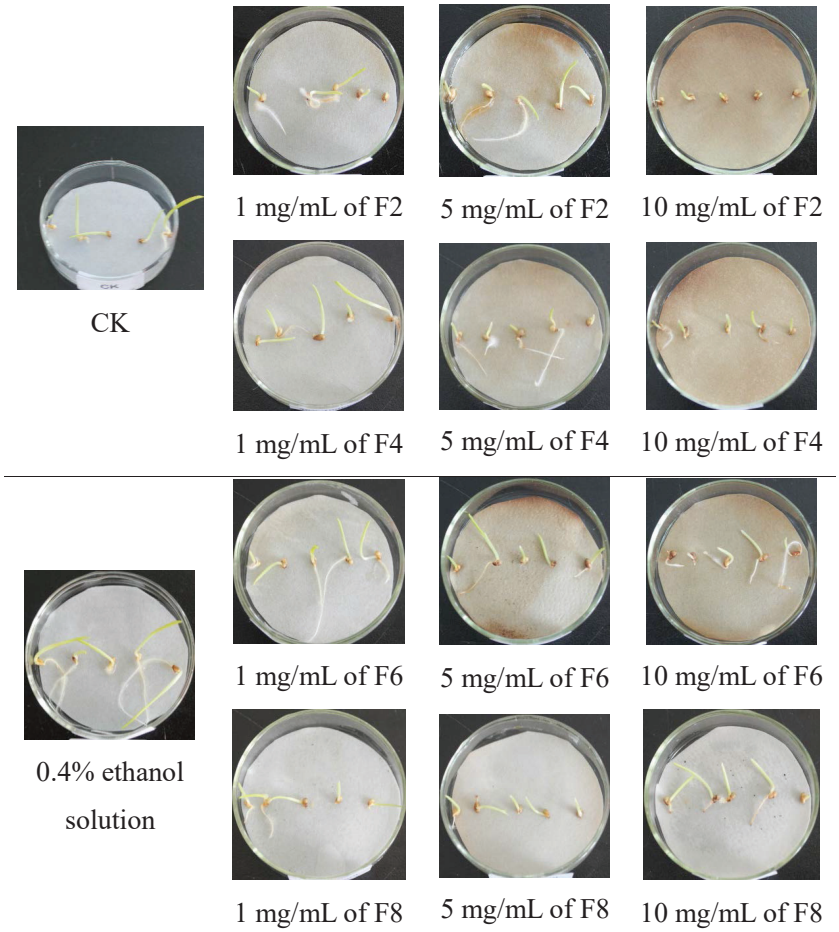


Fig. 2 The seedling growth of green bristlegrasss after four fractions treatment

Table 2

The sensitivity index of green bristlegrass seedling and root length

Concentration, mg/mL		RI value (seedling length)	RI value (root length)
F2	1	-0.13±0.41	-0.08±0.09
	5	-0.35±0.54	-0.53±0.12
	10	-0.73±0.23	-1.00±0.34
F4	1	-0.14±0.61	-0.32±0.66
	5	-0.69±0.33	-0.30±0.65
	10	-0.50±0.41	-0.85±0.73
F6	1	-0.25±0.83	-0.26±0.07
	5	-0.29±0.76	-0.80±0.45
	10	-0.59±0.54	-0.45±0.32
F8	1	-0.40±0.56	-0.83±0.33
	5	-0.47±0.23	-0.93±0.41
	10	-0.37±0.11	-0.82±0.47

Note: F2, F4, F6 and F8 represents four ethanol extracts respectively. Each treatment was done three times with three biological replicates. 1, 5, and 10 represent 1mg/mL, 5 mg/mL, and 10 mg/mL, respectively.

Discussion. Many studies had shown that the symbiotic mechanism of plants and microorganisms is largely related to allelopathy (Muller et al., 2012). The established role of soil microbes in plant health has been consolidated in studies of allelopathy (Mishra et al., 2013). For example, *Ageratina adenophora* invasion promoted an increase of *Bacillus cereus*, which in turn induced a positive feedback effect on *A. adenophora* (Sun et al., 2021). *Burkholderia* sp. LS-044 is a potential allelochemical-metabolizing bacterium in rice rhizosphere, which got involved in mitigating autotoxicity produced by bacteriostatic-dose of meropenem (Hameed et al., 2019). Simultaneously, the negative allelopathy

of microbes on weeds provides an idea for the research and development of new microbial herbicides (Francisco et al., 2019). Some studies reported that soil microorganisms play the beneficial role in weed management (Mishra et al., 2013; Nichols et al., 2015; Xiao et al., 2020). Xi et al. came to a conclusion that *Streptomyces rochei* D74 combined maize rotation could suppress *Orobanche cumama* seed germination (Xi et al., 2022). In our study, the effect of allelochemicals on wheat and green bristlegrass is related to the concentration of allelochemicals and the part of plants. It should be emphasized that low concentration of F2 fraction promoted the wheat seedling growth, but all fractions of HU2014 at different concentration had inhibition on green bristlegrass. This provides a good experimental basis for developing the function of HU2014 to promote growth and inhibit weeds. The allelochemicals separation would be the next work.

Microorganisms have the potential ability to promote crop growth and control weeds in order to make full use of the positive effects of allelochemicals in the agricultural ecosystem. Developing of natural pesticides and growth regulators have important theoretical value and practical significance for the effective use of resources, safe environment, and the development of sustainable agriculture. However, the activity of microorganisms in the environment may differ substantially from laboratory observations (Vurukonda et al., 2018). The research about the application of HU2014 in farming environment will be continued.

Conclusions. In this study, we assessed the allelopathy of HU2014 metabolites on wheat and green bristlegrass. Four fractions of the cell-free filtrates of HU2014 culture broth had a certain inhibitory effect on the shoot and root length of wheat and bristlegrass except fraction of F2: at 1 mg/ml it promoted the wheat shoot length. These results provide new evidence that HU2014 has allelopathy on plant. Concurrently, the metabolite of this strain can promote crop growth but inhibit weed growth at low concentration. Therefore, HU2014 would be a promising agent as biofertilizer and herbicide.

References:

1. Aci, M. M., Sidari, R., Araniti, F., & Lupini, A. (2022). Emerging Trends in Allelopathy: A Genetic Perspective for Sustainable Agriculture. Agronomy-Basel, 12(9). doi:10.3390/agronomy12092043
2. Arafat, Y., Din, I. U., Tayyab, M., Jiang, Y. H., Chen, T., Cai, Z. Y., Zhao, H. Y., Lin, X. M., Lin, W. X., & Lin, S. (2020). Soil Sickness in Aged Tea Plantation Is Associated With a Shift in Microbial Communities as a Result of Plant Polyphenol Accumulation in the Tea Gardens. Frontiers in Plant Science, 11. doi:10.3389/fpls.2020.00601
3. Aslam, F., Khaliq, A., Matloob, A., Tanveer, A., Hussain, S., & Zahir, Z. (2017). Allelopathy in agro-ecosystems: a critical review of wheat allelopathy-concepts and implications. Chemoecology, 27(1), 1–24. doi:10.1007/s00049-016-0225-x
4. Chen, P., Huang, R., Zuo, L. Z., Zhang, Y. Q., & Li, L. (2021). Allelopathic potential of root endophytic bacterial metabolites on seeds germination of Casuarina equisetifolia. Allelopathy Journal, 52(2), 261–276. doi:10.26651/allelo.j/2021-52-2-1321
5. Dias, M. P., Bastos, M. S., Xavier, V. B., Cassel, E., Astarita, L. V., & Santarém, E. R. (2017). Plant growth and resistance promoted by Streptomyces spp. in tomato. Plant Physiology and Biochemistry, 118, 479–493. doi:10.1016/j.plaphy.2017.07.017
6. Francisco, Macías, Francisco, Jr, Mejías, José, Mg, & Molinillo. (2019). Recent advances in allelopathy for weed control: from knowledge to applications. Pest Management Science, 75(9), 2413–2436. doi:10.1002/ps.5355
7. Hameed, A., Shahina, M., Young, L. S., Lai, W. A., Sridhar, K. R., & Young, C. C. (2019). Bacteriostatic stimulus of meropenem on allelochemical-metabolizing Burkholderia sp. LS-044 mitigates ferulic acid autotoxicity in rice (Oryza sativa ssp. japonica cv. Tainung 71). Plant and Soil, 443(1–2), 73–86. doi:10.1007/s11104-019-04195-7
8. Hussain, M. I., Danish, S., Sanchez-Moreiras, A. M., Vicente, O., Jabran, K., Chaudhry, U. K., Branca, F., & Reigosa, M. J. (2021). Unraveling Sorghum Allelopathy in Agriculture: Concepts and Implications. Plants-Basel, 10(9). doi:10.3390/plants10091795
9. Katz, L., & Baltz, R. H. (2016). Natural product discovery: past, present, and future. J. Ind. Microbiol . Biotechnol., 43(2–3), 155–176. doi:10.1007/s10295-015-1723-5
10. Li, N. C., Zhang, J. Y., Zhao, X. Y., Wang, P. B., Tong, M. M., & Glibert, P. M. (2020). Allelopathic Inhibition by the Bacteria Bacillus cereus BE23 on Growth and Photosynthesis of the Macroalga Ulva prolifera. Journal of Marine Science and Engineering, 8(9). doi:10.3390/jmse8090718
11. Mishra, S., Upadhyay, R. S., & Nautiyal, C. S. (2013). Unravelling the beneficial role of microbial contributors in reducing the allelopathic effects of weeds. Applied Microbiology and Biotechnology, 97(13), 5659–5668. doi:10.1007/s00253-013-4885-y
12. Mpofu, E., Chakraborty, J., Suzuki-Minakuchi, C., Okada, K., Kimura, T., & Nojiri, H. (2020). Biotransformation of Monocyclic Phenolic Compounds by Bacillus licheniformis TAB7. Microorganisms, 8(1). doi:10.3390/microorganisms8010026
13. Muller, J. P., Hauzy, C., & Hulot, F. D. (2012). Ingredients for protist coexistence: competition, endosymbiosis and a pinch of biochemical interactions. Journal of Animal Ecology, 81(1), 222–232. doi:10.1111/j.1365-2656.2011.01894.x
14. Mun, B. G., Lee, W. H., Kang, S. M., Lee, S. U., Lee, S. M., Lee, D. Y., Shahid, M., Yun, B. W., & Lee, I. J. (2020). Streptomyces sp. LH 4 promotes plant growth and resistance against Sclerotinia sclerotiorum in cucumber via modulation of enzymatic and defense pathways. Plant and Soil, 448(1–2), 87–103. doi:10.1007/s11104-019-04411-4
15. Nichols, V., Verhulst, N., Cox, R., & Govaerts, B. (2015). Weed dynamics and conservation agriculture principles: A review. Field Crops Research, 183, 56–68. doi:10.1016/j.fcr.2015.07.012
16. Nozari, R. M., Ortolan, F., Astarita, L. V., & Santarem, E. R. (2021). Streptomyces spp. enhance vegetative growth of maize plants under saline stress. Brazilian Journal of Microbiology, 52(3), 1371-1383. doi:10.1007/s42770-021-00480-9
17. Scavo, A., Abbate, C., & Mauromicale, G. (2019). Plant allelochemicals: agronomic, nutritional and ecological relevance in the soil system. Plant and Soil, 442(1-2), 23–48. doi:10.1007/s11104-019-04190-y

18. Schandry, N., & Becker, C. (2020). Allelopathic Plants: Models for Studying Plant-Interkingdom Interactions. Trends in Plant Science, 25(2), 176–185. doi:10.1016/j.tplants.2019.11.004

19. Sun, Y. Y., Zhang, Q. X., Zhao, Y. P., Diao, Y. H., Gui, F. R., & Yang, G. Q. (2021). Beneficial rhizobacterium provides positive plant-soil feedback effects to Ageratina adenophora. Journal of Integrative Agriculture, 20(5), 1327–1335. doi:10.1016/s2095-3119(20)63234-8

20. Tarkka, M. T., Lehr, N. A., Hampp, R., & Schrey, S. D. (2008). Plant behavior upon contact with streptomycetes. Plant Signaling & Behavior, 3(11), 917-919. doi:10.4161/psb.5996

21. Viaene, T., Langendries, S., Beirinckx, S., Maes, M., & Goormachtig, S. (2016). *Streptomyces* as a plant's best friend? FEMS Microbiology Ecology, 92(8), 1–10. doi:10.1093/femsec/fiw119

22. Vurukonda, S. S. K. P., Giovanardi, D., & Stefani, E. (2018). Plant growth promoting and biocontrol activity of *Streptomyces* spp. as endophytes. International Journal of Molecular Sciences, 19(4), 1-26. doi:10.3390/ijms19040952

23. Williamson, G. B., & Richardson, D. (1988). Bioassays for allelopathy: Measuring treatment responses with independent controls. Journal of chemical ecology (USA), 14(1), 181. doi:10.1007/BF01022540

24. Xi, J., Ding, Z. B., Xu, T. Q., Qu, W. X., Xu, Y. Z., Ma, Y. Q., Xue, Q. H., Liu, Y. X., & Lin, Y. B. (2022). Maize Rotation Combined with Streptomyces rochei D74 to Eliminate Orobanche cumana Seed Bank in the Farmland. Agronomy-Basel, 12(12). doi:10.3390/agronomy12123129

25. Xiao, Z. X., Zou, T., Lu, S. G., & Xu, Z. H. (2020). Soil microorganisms interacting with residue-derived allelochemicals effects on seed germination. Saudi Journal of Biological Sciences, 27(4), 1057–1065. doi:10.1016/j.sjbs.2020.01.013

26. Xie, Y. Q., Tian, L. B., Han, X., & Yang, Y. (2021). Research Advances in Allelopathy of Volatile Organic Compounds (VOCs) of Plants. Horticulturae, 7(9). doi:10.3390/horticulturae7090278

27. Yang, C. X., Luo, S. H., Wang, J., Zhu, J. J., Chen, H. L., Zhou, Y. F., & Zhao, X. S. (2021). Effects of ginseng cultivation on rhizosphere soil microecological environment. Allelopathy Journal, 54(2), 235–252. doi:10.26651/allelo.j/2021-54-1361

28. Zhou, B., Kong, C. H., Li, Y. H., Wang, P., & Xu, X. H. (2013). Crabgrass (Digitaria sanguinalis) Allelochemicals That Interfere with Crop Growth and the Soil Microbial Community. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 61(22), 5310–5317. doi:10.1021/jf401605g

29. Zhu, H. X., Hu, L. f., Hu, H. Y., Zhou, F., Wang, S. W., Wu, L. L., Rozhkova, T., & Li, C. W. (2022). Identification of a novel *Streptomyces* sp. strain HU2014 showing growth promotion and biocontrol effect against *Rhizoctonia* spp. in wheat. Plant Disease, On line. doi:10.1094/pdis-06-22-1493-re

Чжу Хонксуа, *аспірантка, Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна; Хенаньський науково-технічний інститут, м. Сіньсян, КНР*

Рожкова Т. О., *кандидат біологічних наук, доцент, старший науковий співробітник, Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна; Інститут мікробіології і вірусології імені Д. К. Заболотного Національної академії наук України, м. Київ, Україна*

Алелопатична дія метаболітів, продукуваних Streptomyces sp. HU2014, на пшеницю та мишій зелений

Ризобактерії, які стимулюють ріст рослин, широко поширені в ризосфері рослин. Вони забезпечують живлення та продукують деякі антибіотичні речовини для пригнічення фітопатогенів і сприяння росту рослин. Тому вивчення алелопатії є дуже важливою частиною взаємодії між ризобактеріями та рослиною. Streptomyces, рід актиноміцетів, добре відомий своїми біоактивними метаболітами, головним чином – антибіотиками, гормонами та гідролазою, які можуть впливати на ріст рослин. У цьому дослідженні було оцінено алелопатію метаболітів штаму Streptomyces sp. HU2014 на пшеницю та мишій зелений з використанням індексу відповіді RI. Негативні значення RI вказували на пригнічення росту рослин; позитивні показники свідчили про стимуляцію їх росту. Чотири фракції (F2, F4, F6 та F8) з безклітинних фільтратів культурального бульйону HU2014 мали певний вплив на довжину проростків та коренів рослин. Для пшениці результати показали, що фракція F2 при 10 мг/мл мала найбільш виразний ефект пригнічення довжини проростків (RI=-0,53) і кореня (RI=-0,22). Однак фракція F2 при 1 мг/мл сприяла збільшенню довжини проростка (RI=0,01). Фракції F4 і F6 при 10 мг/мл мали найбільше пригнічення довжини проростків та коренів. Для фракції F8 зафіксовано найбільше зменшення довжини проростків (RI = -0,66) при 5 мг/мл і довжини кореня (RI = -0,66) при 10 мг/мл. Для мишію зеленого фракція F2 при 10 мг/мл пригнічувала як довжини проростків (RI = -0,73), так і кореня (RI =-1,00). Фракція F4 показала найвище пригнічення проростку (RI = -0,69) при 5 мг/мл і кореня (RI = -0,85) при 10 мг/мл. Фракція F6 мала найвище пригнічення довжини проростка (RI = -0,59) при 10 мг/мл і кореня (RI = -0,80) при 5 мг/мл. Фракція F8 показала найвищий рівень інгібування довжини проростка (RI = -0,47) при 5 мг/мл і кореня (RI = -0,93) при 10 мг/мл. З наведених вище результатів ми можемо зробити висновок, що чотири фракції мали алелопатичний вплив на довжину проростків і коренів двох досліджуваних видів рослин, за винятком фракції F2 при 1 мг/мл, яка сприяла збільшенню довжини пагонів пшениці. Таким чином, на ранній стадії росту рослин низька концентрація алелопатичних речовин, які продукує HU2014, може сприяти росту пшениці, тоді як ці речовини пригнічують ріст мишію зеленого. Тому цей штам може бути перспективним як у якості біофунгіциду, так і – біогербіциду.

Ключові слова: *Streptomyces, алелопатія, індекс відповіді, пшениця, мишій зелений.*

УДК 54.01:661.162.6

ВПЛИВ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ ЕКСТРАКТОМ ВІВСА НА ФОТОСИНТЕТИЧНУ АКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ У ФАЗАХ ВЕСНЯНОГО КУЩІННЯ ТА ВИХОДУ В ТРУБКУ

Волгін Денис Геннадійович
аспірант
Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя, м. Ніжин, Україна
ORCID: 0000-0002-6196-6031
dvolgin1998@gmail.com

Гавій Валентина Миколаївна
кандидат біологічних наук, доцент
Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя, м. Ніжин, Україна
ORCID: 0000-0002-2804-0456
gaviyv@gmai.com

До найважливіших зернових культур як в Україні, так і у всьому світі належить пшениця озима. На сьогодні одним із важливих завдань сільськогосподарського виробництва є підвищення продуктивності зернових культур. Експериментальні дослідження свідчать про те, що біологічно активні речовини значно підвищують продуктивність пшениці озимої. Тому нами було вивчено вплив передпосівної обробки 3 %, 6 %, 15 %, 30 % розчином екстрактом вівса посівного на фотосинтетичні показники, зокрема вміст зелених фотосинтетичних пігментів та площу листкової пластинки пшениці озимої сортів Ювівата 60 та Дуняша у фазах весняного кущіння та виходу в трубку, адже відомо, що урожай – це результат фотосинтетичного процесу.

З'ясовано, що передпосівна обробка насіння пшениці озимої сорту Ювівата 60 3 % та 30 % розчином екстракту вівса дозволила збільшити вміст суми хлорофілів a і b до 2,03 мг/г сирої маси у фазу весняного кущіння та до 2,48 та 2,45 мг/г сирої маси у фазу виходу в трубку. У фазі весняного кущіння за передпосівної обробки насіння пшениці озимої сорту Дуняша 3 % та 6 % розчином екстракту вівса посівного вміст суми хлорофілів a і b становив 2,64 та 2,75 мг/г сирої речовини, що перевищує значення контролю на 52,6 % та 58,9 % відповідно. У фазу виходу в трубку за передпосівної обробки насіння пшениці сорту Дуняша 3 % та 6 % екстрактом вівса посівного вміст суми хлорофілів a і b становив 2,00 мг/г та 2,26 мг/г, що на 26,6 % та 43,0 % більше за контрольні значення.

У фазі весняного кущіння та виходу у трубку найбільша площа листкової пластинки у рослин пшениці озимої сортів Ювівата 60 та Дуняша спостерігалася за передпосівної обробки насіння 30 % розчином екстракту вівса посівного.

Таким чином, передпосівна обробка насіння пшениці озимої сортів Дуняша та Ювівата 60 різними концентраціями екстракту вівса посівного, що містить біологічно активні речовини, сприяє максимальній реалізації фотосинтетичної продуктивності і може бути використана як елемент технології при вирощуванні зернових культур.

Ключові слова: *Ювівата 60, Дуняша, хлорофіл a і b, площа листкової пластинки, екстракт вівса посівного, фаза кущіння, фаза виходу в трубку.*

DOI https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.4.3

Вступ. Фотосинтез вважається основою живлення рослини у процесі формування первинних органічних речовин. У процесі фотосинтезу формується та накопичується 80–90 % запасу сухої біомаси (Arnon, 1949) На сьогодні науковцями доведено, що урожай – це результат фотосинтетичного процесу в безпосередній його формі або результат біохімічних перетворень продуктів фотосинтезу. Особливе значення у процесі фотосинтезу мають зелені пігменти – хлорофіли *a* і *b*, що є чутливими індикаторами фізіологічного стану рослин. Зазначені пігменти беруть безпосередню участь у формуванні структури фотосинтетичного апарату, відіграють важливу роль у фотохімічних реакціях, пов'язаних із поглинанням енергії сонячного світла і трансформації її в хімічну енергію органічних речовин, яка використовується в процесах синтезу речовин, необхідних для росту і розвитку рослин (Asada, 2006). На вміст фотосинтетичних пігментів та інтенсивність фотосинтезу у рослинах істотно впливають елементи мінерального живлення (Dash et al, 2002; Foyer et al, 2000). Їх дефіцит призводить до зниження кількості пігментів у листкових пластинках рослин.

Один із важливих показників фотосинтетичної діяльності посівів пшениці озимої – величина їх листкової поверхні, за допомогою якої вловлюється світлова енергія сонячної радіації та в процесі фотосинтезу перетворюється на енергетичні сполуки (Parry et al, 2011). Активність наростання та розмір листкового апарату знаходяться під впливом численних агротехнічних, кліматичних та біологічних факторів: родючості ґрунтів, строків посіву, погодних умов, сортових особливостей, характеру кущіння, висоти рослин та ін.

Нормальний розвиток рослинного організму забезпечують мікроелементи, що беруть участь у регулюванні всіх життєвих процесів, що призводить в кінцевому результаті до підвищення продуктивності рослин (Chen et al, 2003). Відомо, що у створенні врожаю головна роль приділяється фотосинтезу, основним органом якого є листок. Саме асиміляти, що накопичуються

в листку, утворюють продуктивні органи - зернівки. Тому, дуже важливо для утворення високого господарського врожаю зберегти після колосіння велику листкову поверхню. На розміри листкового апарату та тривалість фотосинтезу впливають підживлення рослин. Мікроелементи (B, Mn, Mo, Cu, Zn) та амінокислоти позитивно впливають на процеси листоутворення та фотосинтез, сприяють підвищенню стійкості рослин до стресів (Budaeva et al, 2009).

Таким чином, для отримання достатньої врожайності необхідно знання фізико-біохімічних та молекулярних процесів впливу екзогенних сполук на вміст зелених фотосинтетичних пігменті в тканинах листків (Chen & Asada, 1989).

Тому, метою роботи було вивчити вплив передпосівної обробки насіння пшениці сортів Ювівата 60 та Дуняша екстрактом вівса посівного різних концентрацій на асиміляційні процеси у фазах весняного кущіння та виходу в трубку.

Матеріали і методи досліджень. Для дослідження використовуємо насіння пшениці середньої стиглості, першої генерації сортів Ювівата 60 та Дуняша. Ці сорти характеризується стійкістю проти вилягання, високою польовою стійкістю проти хвороб та посухостійкістю.

Для обробки насіння використовувався екстракт вівса посівного різних концентрацій. Польові дослідження проводили на території навчально-дослідної агробіостанції Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя на дослідних ділянках для проведення наукової роботи. Відповідно ділянки готували до посіву: проводили культивацію, обміри, а також обробляли насіння пшениці екстрактом вівса посівного різних концентрацій. Нами були використані такі варіанти:

Контроль (чиста дистильована вода);

3 % розчин екстракту вівса посівного;

6 % розчин екстракту вівса посівного;

15 % розчин екстракту вівса посівного;

30 % розчин екстракту вівса посівного.

Після обробки насіння проводили посів пшениці озимої звичайним рядковим способом з міжряддя 15 см. Норма висіву – 500 насінин на м^2. Ґрунтовий покрив дослідного поля - чорнозем опідзолений, малогумусний. За профілем характеризується відносною однорідністю гранулометричного і валового хімічного складу зі значним вмістом елементів живлення в гумусовому горизонту. Вміст гумусу в орному шарі грунту 3,5 %, ступінь насиченості основами – 90,8–91,1 %, реакція грунтового розчину слабокисла (pH 6,0-6,3), гідролітична кислотність 2,42 мг -екв./100 г грунту, вміст рухомих сполук фосфору – 118 мг/кг та обмінного калію – 99 мг/кг (за Чириковим - забезпеченість підвищена), нітрогену – 64 мг/кг (за Корнфілдом - забезпеченість середня). Повторність досліду – трьохразова.

Вміст пігментів – суми хлорофілів *a* і *b* у тканинах листків рослин пшениці визначали спектрофотометричним методом (Budaeva et al., 2009). Спектрофотометричне вимірювання оптичної густини розчинів проводили за довжин хвиль 665, 654, 649 нм. Розчином порівняння був етиловий спирт.

Під час проведення досліджень керувались «Основами наукових досліджень в агрономії» (Yeshchenko, 2003).

Вірогідність отриманих даних встановлювали методами математичної статистики з використанням комп'ютерної програми Exel 2016.

Результати. Ефективність впливу передпосівної обробки насіння пшениці озимої екстрактом вівса залежить від особливостей погодних умов. Тому, при проведенні досліджень нами враховувалися метеорологічні показники, зокрема середньодобові мінімальні та максимальні температури повітря, кількість опадів, запаси вологи в ґрунті. Сівбу проводили 17 вересня 2021 року. За температурними показниками та водозабезпеченням 2021 і 2022 роки були сприятливими для росту та розвитку пшениці озимої. В зимній період 2021–2022 років не спостерігалось критично низьких температур та сніжний покрив був рівномірним в період заморозків.

Основним джерелом синтезу і нагромадження рослинами сухої речовини у результаті складних біохімічних процесів, які відбуваються з використанням сонячного світла і вуглекислого газу, є процес фотосинтезу. За твердженнями А. А. Ничипоровича урожай сільськогосподарських культур формується завдяки засвоєнню ними органічних речовин і їх синтезу в процесі внутрішнього обміну, а також процесах росту і розвитку (Nychiporovich, 1956). Майже 90–95 % урожаю формується в листках за рахунок фотосинтетичних процесів, що змінюються в часі та залежать від біологічних особливостей культури, сорту, віку рослин та умов зовнішнього середовища (Abreu et al, 2001).

Тому, актуальним було дослідження впливу різних концентрацій екстракту вівса, що містить в собі велику кількість біологічно активних речовин, на формування листків рослин пшениці озимої, їх площу та на вміст зелених фотосинтетичних пігментів.

З'ясовано, що передпосівна обробка насіння мала значний вплив на роботу фотосинтетичного апарату у фазах весняного кущіння та виходу в трубку пшениці озимої сорту Ювівата 60. Так, протягом досліджень у контрольному варіанті було зафіксовано найменший вміст суми хлорофілів *a* і *b* у двох досліджуваних фазах. Зазначений показник становив 1,84 та 1,73 мг/г сирої маси відповідно (рис.1).

З'ясовано, що передпосівна обробка насіння пшениці озимої 3 % та 30 % розчином екстракту вівса дозволила збільшити вміст суми хлорофілів *a* і *b* до 2,03 мг/г сирої маси у фазу весняного кущення та до 2,48 та 2,45 мг/г сирої маси у фазу виходу в трубку.

У фазі весняного кущіння за передпосівної обробки насіння пшениці сорту Дуняша 3 % та 6 % розчином екстракту вівса посівного вміст суми хлорофілів *a* і *b* становив 2,64 та 2,75 мг/г сирої речовини, що перевищує значення контролю на 52,6 % та 58,9 % відповідно. Вміст суми хлорофілів *a* і *b* у контролі становив 1,73 м/г сирої речовини. Передпосівна обробка насіння пшениці озимої 15 % та 30 % розчином екстракту вівса посівного збільшила вміст суми хлорофілів *a* і *b* до 2,90 та 2,37 м/г сирої речовини, що перевищували показники контролю на 67,6 % та 37,9 % відповідно.

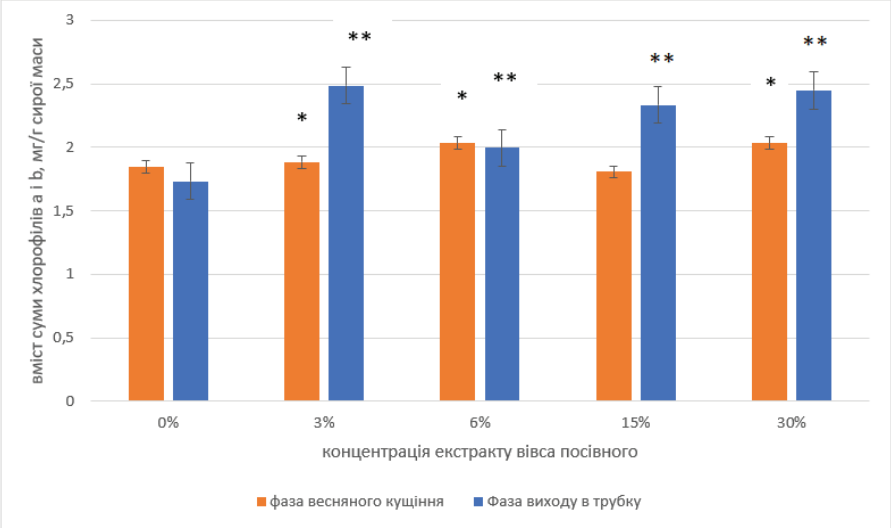


Рис. 1. Вміст суми хлорофілів *a* і *b* в тканинах листків пшениці сорту *Ювівата 60* у фазах весняного кущіння та виходу в трубку за передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного

** Різниця достовірна порівняно з контролем (p<0,05) (фаза весняного кущіння)*

*** Різниця достовірна порівняно з контролем ((p<0,05) (фаза виходу в трубку)*

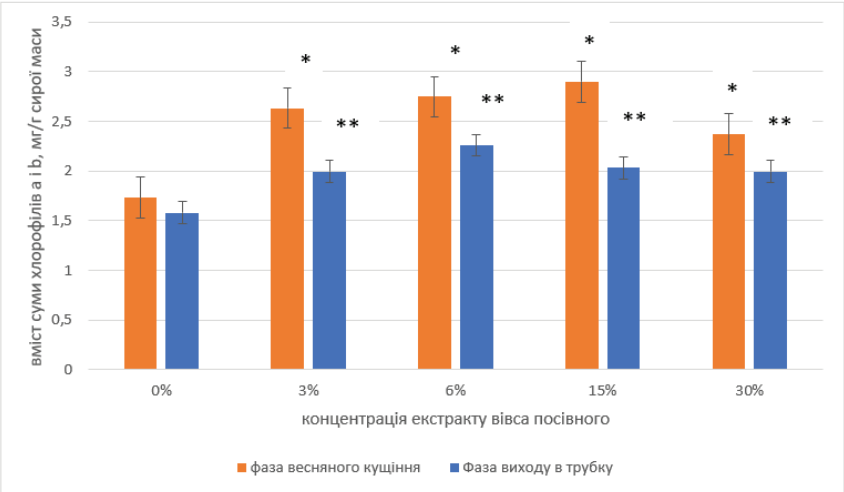


Рис. 2. Вміст суми хлорофілів *a* і *b* в тканинах листків пшениці сорту *Дуняша* у фазах весняного кущіння та виходу в трубку за передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного

** Різниця достовірна порівняно з контролем (p<0,05) (фаза весняного кущіння)*

*** Різниця достовірна порівняно з контролем ((p<0,05) (фаза виходу в трубку)*

З'ясовано, що у фазу виходу в трубку за передпосівної обробки насіння пшениці сорту Дуняша 3 % та 6 % екстрактом вівса у контролі вміст суми хлорофілів *a* і *b* становив 2,00 мг/г та 2,26 мг/г, що на 26,6 % та 43,0 % більше за контрольні значення, які були на рівні 1,58 мг/г сирої маси. Передпосівна обробка насіння пшениці сорту Дуняша 15 % та 30 % розчином екстракту вівса посівного збільшила вміст суми хлорофілів *a* і *b* у листках пшениці до 2,03 та 2,00 мг/г сирої маси, що на 28,5 % та 26,6 % більше від показників контролю відповідно.

Отже, можемо стверджувати, що біологічно активні речовини, що містяться в екстракті вівса посівного позитивно впливають на вміст фотосинтетичних пігментів та збільшують інтенсивність фотосинтезу в цілому.

Фотосинтез – це біомасоутворюючий процес, який пов'язаний зі структурними особливостями рослин, зокрема розподілу пігментів в листках, структурними особливостями листків, що є не менш значущими, тому доцільно було дослідити площу листкової пластинки досліджуваних сортів пшениці озимої в період весняного кущіння та у фазі виходу в трубку (Abreu et al, 2001). Найбільші показники площі листкової пластинки пшениці озимої сорту Дуняша у фазу весняного кущіння були зафіксовані за передпосівної обробки 30 % розчином екстракту вівса і становили 14,09 см^2, що більше за контрольні значення на 29,4 %, тоді як контрольні значення були на рівні 10,89 см^2. У фазі виходу в трубку за передпосівної обробки насіння

пшениці озимої сорту Дуняша спостерігалась більш виразна відмінність в порівнянні з контролем. Так, контрольні значення були на рівні 15,1 см^2, а передпосівна обробка 6 % розчином екстракту вівса посівного дозволила збільшити площу листкової пластинки до 27,66 см^2, що на 83,2 % перевищує показники контролю (рис. 3).

У фазі весняного кущіння та виходу в трубку всі дослідні проби рослин пшениці озимої сорту Ювівата 60, що зазнали передпосівної обробки насіння екстрактом вівса різних концентрацій мали статистично значущі результати в порівнянні з контролем. Так, у фазі весняного кущіння та виходу у трубку найбільша площа листкової пластинки у рослин пшениці озимої спостерігалася за передпосівної обробки насіння 30 % розчином екстракту вівса і становила 13,19 см^2 та 35,25 см^2, що на 10,9% і 95,8 % більше за контрольні значення (рис. 4).

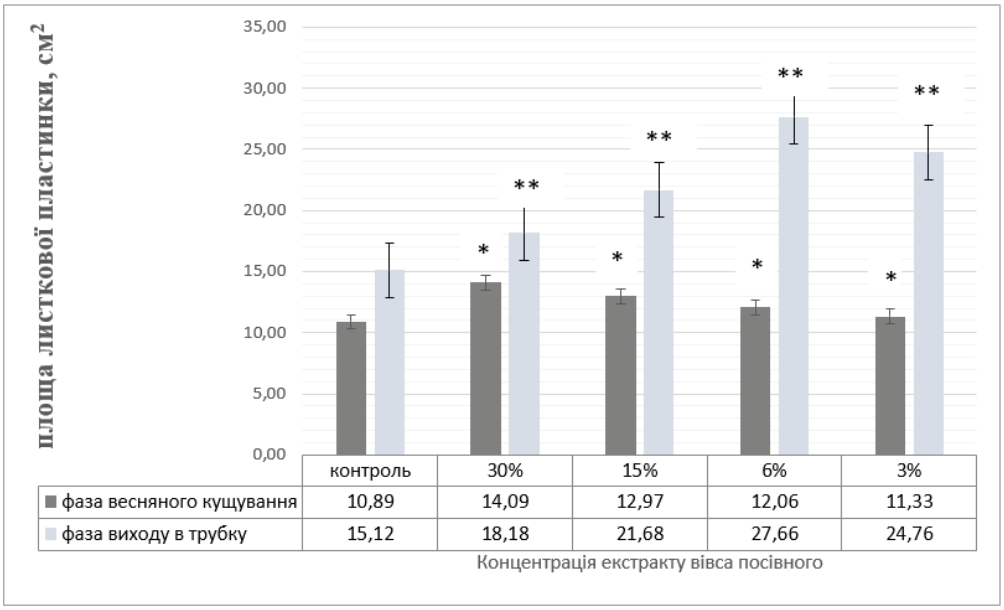


Рис. 3. Площа листкової пластинки пшениці сорту Дуняша у фазі весняного кущіння та фазі виходу в трубку за передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного

** Різниця достовірна порівняно з контролем (p<0,05) (фаза весняного кущіння)*

*** Різниця достовірна порівняно з контролем ((p<0,05) (фаза виходу в трубку)*

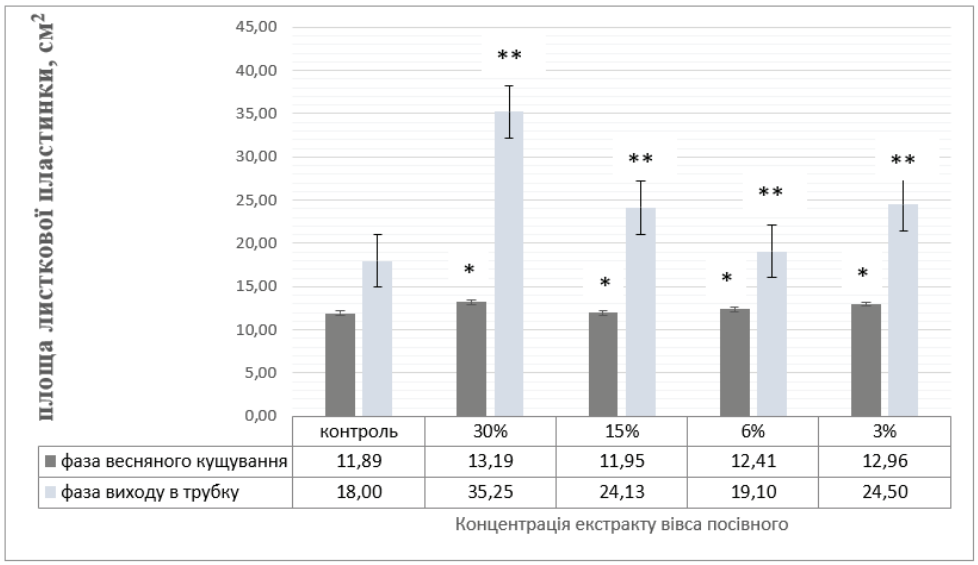


Рис. 4. Площа листкової пластинки пшениці сорту Ювівата 60 у фазі весняного кущіння та фазі виходу в трубку за передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного

** Різниця достовірна порівняно з контролем (p<0,05) (фаза весняного кущіння)*

*** Різниця достовірна порівняно з контролем ((p<0,05) (фаза виходу в трубку)*

Обговорення. У галузі сільськогосподарського виробництва зерна високої якості є актуальним пошук нових сировинних ресурсів та розробка на їх основі модулюючих препаратів поліфункціональної дії, що забезпечують підвищення ефективності сільськогосподарських технологій, отримання екологічно чистої сільськогосподарської продукції та надають позитивний вплив на екосистеми (Belopuhov et al, 2013). Цими препаратами можуть бути стимулятори росту. Їх можна розділити на дві основні групи: ендогенні – природні (гібереліни, ауксини, етилен, цитокініни та ін.) та екзогенні – синтетичні. Природні стимулятори діють спільно та узгоджено. Вони беруть участь в обміні речовин на всіх етапах життя рослини і впливають на процеси росту та формування нових органів, цвітіння, плодоношення, старіння, перехід до спокою та вихід із нього. Синтетичні стимулятори росту та розвитку є фізіологічними аналогами ендогенних фітогормонів або їх антагоністами, що впливають на загальний гормональний статус рослин.

Екстракт вівса містить природні стимулятори росту, такі як похідні флаванолів, також значну кількість фітогормонів та антиоксидантів (Vasin et al, 2015). Під впливом фітогормонів у рослини підвищується активність генів стресостійкості, що стимулює синтез спеціальних сполук, функцією яких є організація зв'язку між факторами зовнішнього середовища та активністю окремих генів або їх блоків. Це сприяє збільшенню вмісту хлорофілу в рослинах, а, отже, і посилення фотосинтезу, що підвищує продуктивність вирощуваних культур. Також, фітогормони контролюють усі етапи онтогенезу рослин. Розподіл і збільшення в розмірах клітин, що лежать в основі всіх процесів росту і морфогенезу, знаходяться у рослин під контролем ауксинів і цитокінінів, тому повна відсутність цих фітогормонів для рослин є летальною (Gluhovcev et al, 2015). Гібереліни посилюють ріст рослини, активуючи апікальні та інтеркалярні (вставні) меристеми. Ауксини сприяють утворенню коренів та визначають адаптивні вигини рослини відповідно до напряму світла або вектора сили тяжіння (фото- та геотропізм) (Yevdokimova, 2005). Формування апарату фотосинтезу та транспірація рослин регулюються гормонами-антагоністами — цитокінінами і абсцизовою кислотою: цитокінини викликають диференціювання хлоропластів, збільшенню хлорофілів a і b і відкривання продихів, тоді як абсцизова кислота пригнічує обидва ці процеси. Для багатьох рослин ті чи інші фітогормони (гібереліни, цитокініни, етилен) можуть бути індукторами чи стимуляторами цвітіння. Послідовна участь фітогормонів необхідна для нормального формування плодів та насіння. Зав'язування та ріст плодів стимулюються ауксинами, гіберелінами і цитокінінами, що виділяються насінням (Yevdokimova, 2005, 2015).

Механізм дії фітогормонів в основних рисах і навіть у багатьох молекулярних «деталях» подібний до механізму дії гормонів тварин. Кінцевою мішенню фітогормонів у клітині є гени, причому, залежно від типу фітогормону та типу тканини, активується або репресується той чи інший набір чутливих (компетентних) генів. При дії фітогормонів на гени-мішені відбувається активізація відповідних ферментів (Gluhovcev et al, 2015).

Абіотичний стрес призводить до утворення активних форм кисню у рослин, що створює стан, який називається окислювальним стресом і може ушкоджувати клітинні компоненти та компоненти фотосинтетичного апарату (Bray et al, 2000). Аскорбінова кислота, що також міститься в екстракті вівса посівного може безпосередньо нейтралізувати активні форми кисню і регенерувати токоферол з токофероксильного радикала, тим самим забезпечуючи мембранний захист (Boo, 1999). Вона також діє як кофактор віолаксантиндеепоксидази (Christman et al, 1985). Аскорбінова кислота грає велику роль у мінімізації ушкоджень, спричинених окислювальним процесом. Це досягається за рахунок його синергетичної дії з іншими антиоксидантами - токоферолами (Chen et al, 2003). Застосування токоферолів у поєднанні з аскорбіновою кислотою є одним з факторів протидії низьким стресовим температурам та водному дефіциту (Causton et al, 2001).

Таким чином, застосування попередньої обробки насіння екстрактом вівса посівного, що містить в своєму складі фітогормони, природні антиоксиданти, похідні флаванолів сприяє збільшенню фотосинтетичної активності та збільшенню фотосинтетичної поверхні листків за рахунок сумісної дії фітогормонів та природних антиоксидантів, які повноцінно компенсували дію стресових факторів та надлишку активних форм кисню.

Висновки. Отже, за результатами наших досліджень встановлено, що передпосівна обробка насіння пшениці озимої сортів Дуняша та Ювівата 60 різними концентраціями екстракту вівса посівного, що містить біологічно активні речовини сприяють максимальній реалізації фотосинтетичної продуктивності, тому подальше вивчення складу екстракту вівса та механізмів залучення складових екстракту вівса посівного в фотосинтетичні реакції є перспективним. Передпосівна обробка насіння пшениці озимої екстрактом вівса посівного може бути використана як елементи технології при вирощуванні зернових культур.

Бібліографічні посилання:

1. Abreu, I. A., Saraiva, L. M., Soares, C. M. & Cabelli, D. E. (2001). The mechanism of superoxide scavenging by Archaeoglobus fulgidus neelarredoxin. J Biol Chem 276:38995-39001.

2. Arnon, D.I. (1949). Copper enzyme in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta vulgaris. Plant Physiol., 1(1), 1–15.

3. Asada, K. B. (2006). Production and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts and their functions. Ibid., 141(2), 391–396.

4. Belopuhov, S. L., Bugaev, P. D., Lammas, M. E. & Prohorov, I. S. (2013). Vlijanie biopreparatov na fotosinteticheskuju aktivnost' posevov jachmenja [Influence of biological products on the photosynthetic activity of barley]. Agrohimicheskij vestnik. Agrochemical Bulletin, 5(1), 19–21 (in Russian).
5. Boo, Y. C. (1999). Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. J Plant Physiol., 51(3), 255–261.
6. Bray, E. A., Bailey-Serres, J. J. & Weretilnyk, E. D. (2000). Responses to abiotic stresses, Biochemistry and Molecular Biology of Plants. ASPP, Rockville, 10(5), 1150 –1158.
7. Budaeva, V. V., Zolotuhin, V. N., Mitrofanov, R. Y. & Sevodina, A. A. (2009). Journal of Mountain Agriculture in the Balkans. Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, 12(5), 1027–1039 (in Russian).
8. Causton, H. C., Ren, B. B., Koh, S. S., Harbison, C. T., Kanin, E. T., Jennings, E. G., Lee, T. I., True, H. I., Lander, E. S. & Young, R. A. (2001). Remodeling of yeast genome expression in response to environmental changes. Mol. Biol. Cell, 12(3) 337–370.
9. Chen, D. X., Toone, W. M., Mata, J. K. & Lyne, R. R. (2003). Global transcriptional responses of Fission yeast to environmental stress. Mol. Biol. Cell, 14(3), 214–29.
10. Chen, G. X. & Asada, K. K. (1989) Ascorbate peroxidase in tea leaves: occurrence of two isozymes and the differences in their enzymatic and molecular properties. Plant Cell Physiol., 30(7), 987–998.
11. Christman, M. F., Morgan, R. W., Jacobson, F. S. & Ames, B. N. (1985). Positive control of a regulon for defenses against oxidative stress and some heat-shock proteins in Salmonella typhimurium. Cell, 41(8), 753–762.
12. Dash, S. B. & Mohanty, N. V. (2002). Respons of seedlings to heat-stress in cultivars of wheat: growth tempe rature-dependent differential modulation of photosystem 1 and 2 activity, and foliar antioxidant defense capacity. Plant Physiol., 159(1), 49–59.
13. Foyer, C. H. & Noctor, G. G. (2000). Oxygen processing in photosynthesis: regulation and signaling. New Phytol., 146(2), 359–388.
14. Giannopolitis, C. N. & Ries, S. K. (1977). Superoxide dismutase. Occurrence in higher plants. Plant Physiol., 59(2), 309–314.
15. Gluhovcev, V. V., Kukushkina, L. A. & Demina, E. A. (2015). Stimuljatory rosta v sovremennyh tehnologijah vozdelyvanija jarovoj pshenicy [Growth promoters in modern technologies of cultivation of spring wheat]. Successes of modern science, 5, 19–21 (in Russian).
16. Melis, A. A. (2009). Solar energy conversion efficiencies in photosynthesis: Minimizing the chlorophyll antennae to maximize efficiency. Plant. Sci., 17(1), 272–280, doi: 10.1016/j.plantsci.2009.06.005.
17. Nychiporovich, A. A. (1956). Photosynthesis and the theory of obtaining high yields. Tymiryazevskoe reading, 92–94.
18. Parry, M. J., Reynolds, M. & Salvucci, M. E. (2011). Raising yield potential in wheat. II. Increasing photosynthetic capacity and efficiency. J. Exp. Bot., 62(2), 453–467, doi: 10.1093/jxb/erq304
19. Ping, L. I., Pute, W. U. & Chen, J. S. (2012). Evaluation of flag leaf chlorophyll content index in 30 spring wheat genotypes under three irrigation regimes. Austr. J. Crop Sci., 6(6), 1123–1130.
20. Shipley, B. B. (2006). Net assimilation rate, specific leaf area and leaf mass ratio: which is most closely correlated with relative growth rate? A meta-analysis. Funct. Ecol., 20(4), 565–574.
21. Vasin, A. V., Vasina, N. V. & Trofimova, E. O. (2015). Jeffektivnost' primenenija stimuljatorov rosta pri vozdelyvanii zernofurazhnyh kormosmesej [The influence of growth stimulants on the yield and quality of grain crops]. Contribution of young scientists in agricultural research: proceedings of the International scientific and practical conference, RIC SGSHA, 96–103 (in Ukrainian).
22. Yeshchenko, V.O. (2005). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [Basics of scientific research in agronomy]. Diya, 227–288 (in Ukrainian).
23. Yevdokimov, M. A. (2005). Sortovye osobennosti azotnogo pitanija jachmenja v uslovijah vostoka Nechernozemnoj zony [High-quality features of barley nitrogen in nutrition conditions of the Nonchernozem east zone]. Dis. kand. s.-h. nauk. Joshkar-Ola, 100–272 (in Russian).
24. Yevdokimov, M. A., Solov'eva, N. I., Danilov, A. V. & Mihajlova, A. G. (2015). Stimuljatory rosta na posevah jarovogo jachmenja [Growth promoters on crops of spring barley], Aktual'nye voprosy sovershenstvovanija tehnologii proizvodstva i pererabotki produkcii sel'skogo hozjajstva. Mosolov readings: materials of the international scientific-practical conference, Mar. gos. un-t, Joshkar-Ola, 16–18 (in Russian).

Volhin D. H., *PhD student, Nizhyn Mykola Gogol State University, Nizhyn, Ukraine*
Havii V. M., *PhD (Biological Sciences), Nizhyn Mykola Gogol State University, Nizhyn, Ukraine*

The influence of pre-sowing seed treatment with seeding oat extract as a modulator of the photosynthetic activity of winter wheat in the phases of spring tubing and tube emergence

Winter wheat is one of the most important grain crops both in Ukraine and throughout the world. Today, one of the important tasks of agricultural production is to increase the productivity of grain crops. Experimental studies show that biologically active substances significantly increase the productivity of winter wheat. Therefore, we studied the effect of pre-sowing treatment with a 3%, 6%, 15%, 30% solution of seed oat extract on photosynthetic parameters, in particular the content of green photosynthetic pigments and the area of the leaf plate of winter wheat varieties Yuvivata 60 and Dunyasha during the phases of spring tillering and emergence tube, because it is known that the harvest is the result of the photosynthetic process.

It was found that the pre-sowing treatment of winter wheat seeds of the Yuvivata 60 variety with a 3% and 30% solution of oat extract made it possible to increase the content of the sum of chlorophylls a and b to 2.03 mg/g of raw mass in the phase of spring bushing and to 2.48 and 2.45 mg/g of raw mass in the phase of exit into the tube. In the spring tillering phase, during the pre-sowing treatment of Dunyasha winter wheat seeds with a 3% and 6% solution of oat extract, the content of the sum of chlorophylls a and b was 2.64 and 2.75 mg/g of raw material, which exceeds the control value by 52.6% and 58.9%, respectively. In the phase of emergence into the tube during the pre-sowing treatment of wheat seeds of the Dunyasha variety with 3% and 6% seed oat extract, the content of the sum of chlorophylls a and b was 2.00 mg/g and 2.26 mg/g, which is by 26.6% and 43.0% more than control values.

In the phase of spring tillering and emergence into the tube, the largest area of the leaf plate in winter wheat plants of Yuvivata 60 and Dunyasha varieties was observed after pre-sowing treatment of seeds with a 30% solution of seed oat extract.

Thus, pre-sowing treatment of winter wheat seeds of Dunyasha and Yuvivat 60 varieties with different concentrations of oat seed extract containing biologically active substances contributes to the maximum realization of photosynthetic productivity and can be used as an element of technology in the cultivation of grain crops.

Key words: *Total chlorophyll, Juvivata 60, Dunyasha, Chlorophyll a and b, leaf blade area, growth regulator, seed oat extract, tillering phase, tube emergence phase, flavonols, tocopherol.*

УДК 633:631.559

ЗАЛЕЖНІСТЬ ВРОЖАЙНОСТІ БІОМАСИ МІСКАНТУСА ГІГАНТСЬКОГО ВІД КІЛЬКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ РОСЛИН ЗА ВИРОЩУВАННІ З БОБОВИМИ КУЛЬТУРАМИ В УМОВАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Дековець Віталій Олександрович
аспірант
Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна
ORCID: 0000-0003-3537-5016
kulykmaksym@ukr.net

Кулик Максим Іванович
доктор сільськогосподарських наук, професор
Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна
ORCID: 0000-0003-0241-6408
kulykmaksym@ukr.net

Сиплива Наталія Олексіївна
кандидат біологічних наук
Український інститут експертизи сортів рослин, м. Київ, Україна
ORCID: 0000-0003-0921-6361
nata123456@ukr.net

Руденко Олександр Анатолійович
старший науковий співробітник
Український інститут експертизи сортів рослин, м. Київ, Україна
ORCID: 0000-0002-1928-2832
nata123456@ukr.net

У статті визначено особливості формування врожайності міскантуса гігантського залежно від кількісних показників рослинного фітоценозу на основі екологізації технології вирощування культури. Дослідження проведені в умовах центральної частини Лісостепу з використанням методичних рекомендацій українських і зарубіжних авторів. Експеримент поєднував вивчення наступних чинників: чинник А – рік (2016–2021 рр.), чинник В – способи вирощування міскантуса гігантського: варіант 1 – одновидові насадження міскантуса (контроль), варіант 2 – вирощування міскантуса сумісно з багаторічним люпином (Lupinus perennis L.), 3 варіант – вирощування міскантуса сумісно з люцерною серповидною (Medicago falcata L.), 4 варіант – вирощування міскантуса сумісно з конюшиною червоною (Trifolium pratense L.). Кількісні показники рослин визначали відповідно до затвердженої методики, а врожай біомаси – ваговим методом. Зв'язки між показниками встановлювали на основі кореляційно-регресійного аналізу. За результатами досліджень встановлено, що кількісні показники рослин міскантуса гігантського, залежно від способів вирощування культури, мали значне варіюванням. Встановлено, що врожайність сухої біомаси міскантуса гігантського залежить від способу вирощування культури та має чіткий тренд до щорічного збільшення: від 6,7 т/га – у перший рік, до 18,6 т/га – на четвертий рік. Найбільшу врожайність сухої біомаси за роки дослідження (13,7 т/га) отримали на варіантах сумісного вирощування з люпином, істотно менше – при вирощуванні культури з люцерною та конюшиною. Прибавка врожаю міскантуса гігантського на варіантах сумісного вирощування з люпином становило у середньому за роки 1,2 т/га. Врожай біомаси з конюшиною та люцерною, порівняно із контролем була відповідно 0,5 і 0,4 т/га. Дослідження показали суттєвий вплив кількісних показників: за коефіцієнтом кореляції (r > 0,7) та рівняннями регресії на врожайність біомаси міскантуса. Кореляційні залежності свідчать, що різні способи вирощування міскантуса гігантського мають вплив на формування біометричних показників та їх зв'язок із врожайністю біомаси. Встановлено, що у одновидових насадженнях найбільша урожайність біомаси міскантуса гігантського формується за рахунок висоти і густоти стеблостою (r > 0,7), менший вплив мають довжина листка та їх кількість (r > 0,31–0,69).

Ключові слова: *міскантус гігантський, бобові, біометричні показники рослин, біомаса, урожайність, кореляційні залежності.*

DOI https://doi.org/10.32782/agrobio.2022.4.4

Вступ. Сьогоденні реалії життя все більше переконують людство у необхідності використання поновлюваних джерел енергії. При цьому використання місцевого рослинного ресурсу розглядається як один із перспективних шляхів вирішення зростаючих проблем енергозабезпечення населення (Pryshliak, 2021; Roik, 2015; Kulyk et al., 2019).

Адже поряд із сільськогосподарськими, енергетичні культури формують високу врожайність біомаси, яку можливо використати як сировину для виробництва біопалив. Використання їх для потреб територіальних громад дозволить знизити їх енергетичну залежність та підвищити добробут населення (Pysarenko et al., 2017; Kalinichenko et al., 2017; Kulyk et al., 2020).

З усього загалу енергетичних культур науковці виокремлюють міскантус гігантський, як невибагливу рослину до умов вирощування, перспективну та високоврожайну за біомасою (Khivrych et al., 2011; Kurylo et al., 2010; Dekovets, 2019). Визначено, що вихід енергії з біомаси буде більшим з енергоплантацій міскантусу гігантського, порівняно з посівами проса прутоподібного. Автори, цю залежність пов'язали з більшою врожайністю біомаси міскантуса гігантського, значним виходом біопалива та його енергоємністю (Kulyk & Padalka, 2020).

Нашими попередніми дослідженнями встановлено, що врожайність енергетичних культур, в т.ч. і міскантусу формується за рахунок біометричних показників біопаливної частини рослин. Визначено, що найбільшу врожайність біомаси: забезпечують міскантус, світчграс, сіда та щавнат. Це також залежить від вмісту сухої речовини в біомасі під час збирання, цей показник для енергетичних культур коливався в межах від 65,4 до 78,3 %. Визначальним у формування врожайності продуктивність представників родини тонконогових (сорго багаторічне, міскантус гігантський, світчграс) є висоти та густота рослин (Kulyk, 2019; Dekovets et al., 2021).

Результатами досліджень інших авторів визначено, що мінливість кількісних показників енергетичних культур пов'язано як з елементами технології вирощування. Що пов'язують і з погодними умовами вегетаційного періоду та видовими особливостями культури при багаторічному циклі вирощування. Автори відмічають збільшення кореневої системи, відростання нових пагонів зі сплячих бруньок та інше (Humentyk et al., 2015). Окрім цього, М. Я. Гументик встановив значну ефективність змішаних посівів проса прутоподібного та гігантського міскантусу. На таких посівах зафіксовано збільшення виходу сухої біомаси та енергії з плантації. Цей спосіб вирощування, за даними автора, забезпечує високий врожай біомаси, зменшує вилягання рослин у зимовий період, раціональне використання площі енергоплантації та сприяє економії виробничих витрат при збиранні біомаси (Humentyk, 2019).

У інших дослідженнях визначено ефективність сумісного вирощування бобових культур із просом прутоподібного (Taranenko et al., 2019), а також з міскантусом гігантським (Dekovets et al., 2021). Що впливає як на збільшення врожайності біомаси енергокультур, так і на збільшення вмісту органічної речовини у ґрунті (Halytska et al., 2018).

Також М. М., Харитонов і М. Г. Бабенко встановили, що при вирощуванні міскантусу на маргінальних і рекультивованих земель при застосуванні добрив та іригації насаджень можливо отримати збільшення врожайності культури (Kharytonov & Babenko, 2018).

Таким чином, встановлення особливостей формування врожайності біомаси міскантуса гігантського на основі вдосконалення технології вирощування дозволить забезпечити сталість виробництва біомаси цієї культури.

Матеріали і методи досліджень. Метою дослідження є вивчення особливостей формування врожайності біомаси міскантуса гігантського залежно від кількісних показників рослин на фоні різних способі вирощування культури.

Експеримент здійснено в умовах центрального Лісостепу України на базі Полтавського державного аграрного університету, згідно з методикою дослідної справи за Б. А. Доспєховим (Dospekhov, 1985). Ґрунти дослідних ділянок – чорноземи типові з середнім умістом гумусу (3,4 %). Вміст лужно-гідролізованого азоту становить 192,5 мг/кг, фосфору – 616,0 мг/кг, калію – 775,0 мг/кг, кальцію – 12,6 мг/кг, магнію – 1,3 мг/кг, сірки – 10,1 мг/кг. pH сольове сягає 7,2. Кількість опадів і середньомісячні температури повітря за вегетаційні періоди проса прутоподібного змінювалися в досить широких межах (рис. 1–2). Визначено, що протягом періоду вегетації міскантуса гігантського (травень-вересень) окремі роки травня, червня, липня і серпень 2016 року були надмірно зволоженими (або на рівні норми), а кількість опадів протягом червня-вересня була нижчою середньобагаторічних показників. Виключенням є лише липень 2018 і 2021 року та серпень 2021 року, в які зафіксовано збільшення кількості опадів до рівня середньо-багаторічних показників.

Середньомісячна температура повітря протягом вегетаційного періоду відповідала середньо-багаторічним показникам, окремі перевищення температури зафіксовані у квітні й травні 2018 і 2019 років, липні та серпні усіх років та частково у вересні.

Дослідження проводили з сортом міскантусу гігантського Гулівер (рис. 3). Схема експерименту поєднувала чинники: чинник А – рік (2016–2021 рр.), чинник В – способи вирощування гігантського міскантусу: варіант 1 – одновидові насадження міскантуса (контроль), варіант 2 – вирощування міскантуса сумісно з багаторічним люпином (*Lupinus perennis L.*), 3 варіант – вирощування міскантуса сумісно з люцерною серповидною (*Medicago falcata L.*), 4 варіант – вирощування міскантуса сумісно з конюшиною червоною (*Trifolium pratense L.*).

Обробіток ґрунту, догляд за насадженнями, облік кількісних показників міскантусу гігантського здійснювали відповідно затверджених наукових рекомендацій (Kurylo et al., 2012; Kurylo et al., 2016; Rakhmetov et al., 2017) та методик (Zinchenko et al., 2012).

Зв'язки між показниками встановлювали на основі кореляційно-регресійного аналізу, дисперсійний аналіз результатів досліджень здійснювали з використанням комп'ютерної програми *Statistica*.

Результати. За результатами досліджень встановлено, що кількісні показники рослин міскантуса гігантського, залежно від способів вирощування культури, мали значне варіюванням за чинниками які були поставлені на вивчення (табл. 1).

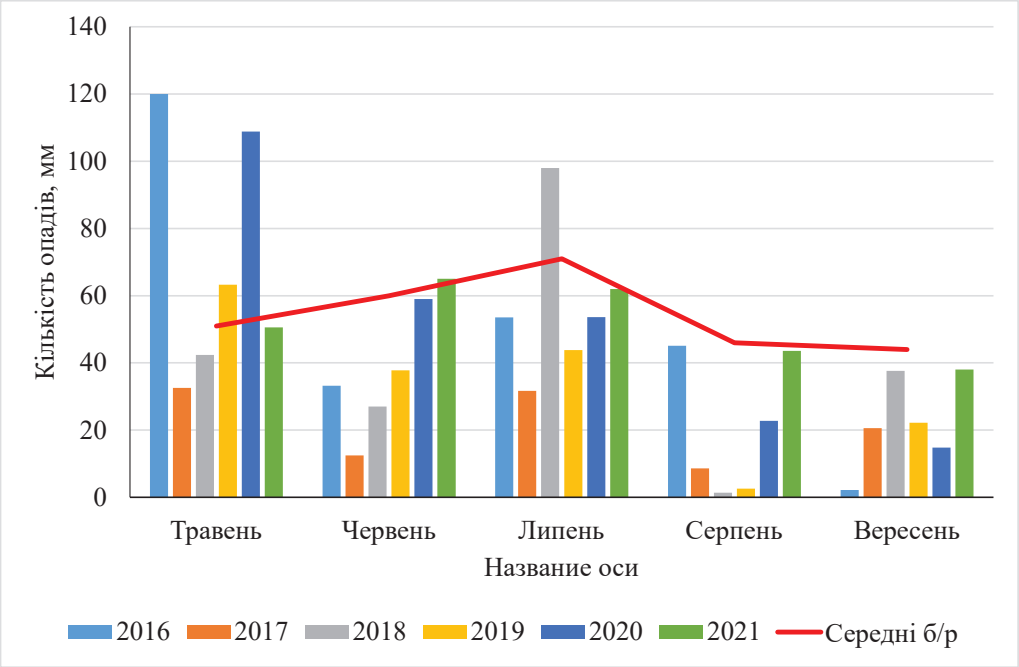


Рис. 1. Погодні умови за роки проведення досліджень (середньомісячна кількість опадів, мм), 2016–2021 рр.

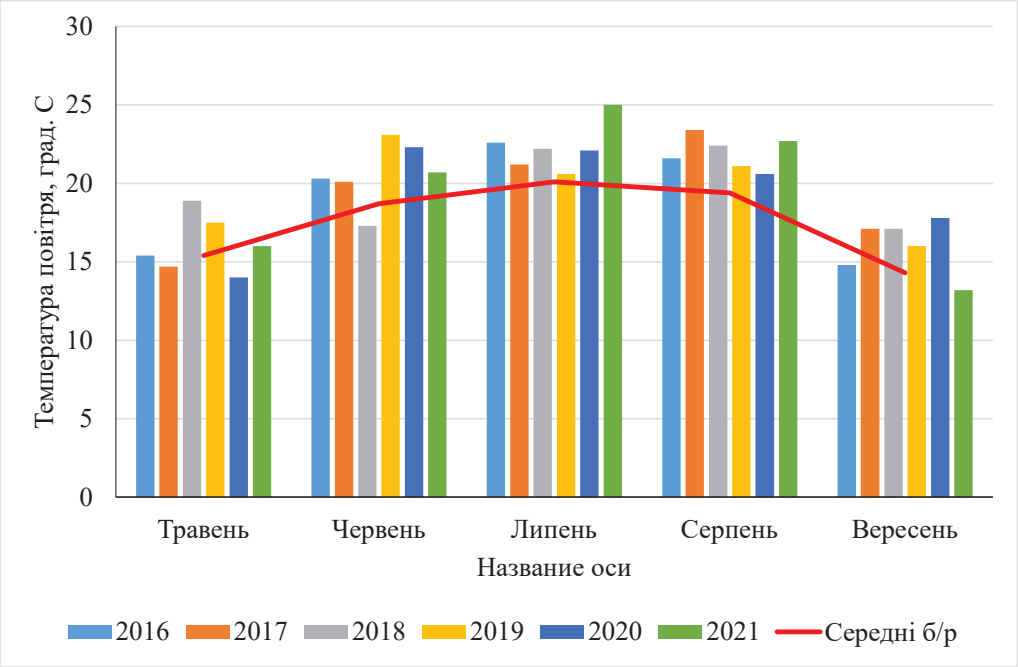


Рис. 2. Погодні умови за роки проведення досліджень (середньомісячна температура повітря, °С), 2016–2021 рр.

Незалежно від умов року дослідження суттєво більші кількісні показники рослин: довжину (112,9–184,3 см) і кількість стебел 2,9–32,9 шт.), а також кількість листків (5,4–10,4 шт.) та їх довжину (37,7–130,1 см), порівняно з контрольними варіантами, міскантус гігантський забезпечив на варіантах сумісного вирощування з люпином, дещо менше – на варіантах з люцерною та конюшиною. У одновидових насадженнях ці показники були суттєво меншими порівняно з варіантами сумісного вирощування міскантуса з бобовими культурами.

Встановлено, що спосіб вирощування міскантуса гігантського має вплив і на врожайності культури за сухою біомасою (табл. 2).

а – початок весняної вегетації **б – під час літньої вегетації**

Рис. 3. Дослід з вивчення сумісного вирощування міскантуса гігантського з бобовими культурами

Таблиця 1

Біометричні показники рослин міскантусу гігантського першого-четвертого років вегетації, 2016–2021 рр.

Рік вегетації (фактор А)	Спосіб вирощування* (фактор Б)	Середня довжина стебел, см	Кількість стебел в кущі, шт.	Кількість листків на стеблі, шт.	Середня довжина листка, см
перший (2016-2018)	варіант 1	102,3	2,3	5,1	34,5
	варіант 2	129,5	3,5	6,2	43,1
	варіант 3	112,9	3,1	5,4	37,7
	варіант 4	117,5	2,9	5,5	39,8
другий (2017–2019)	варіант 1	142,5	10,4	9,0	59,0
	варіант 2	158,8	12,3	11,0	65,4
	варіант 3	136,8	10,9	9,5	63,7
	варіант 4	139,3	9,7	9,4	63,2
третій (2018–2020)	варіант 1	150,3	22,1	9,4	116,2
	варіант 2	177,8	28,3	10,1	126,0
	варіант 3	165,4	26,7	9,7	117,9
	варіант 4	117,6	26,3	9,9	117,3
четвертий (2019–2021)	варіант 1	152,1	25,7	9,6	118,6
	варіант 2	184,3	32,9	10,4	130,1
	варіант 3	180,2	28,1	10,1	120,4
	варіант 4	145,4	26,8	9,8	119,5
Середнє		144,5	17,0	8,8	85,8
$НІР_{05}$ фактор (А)		23,1	8,96	1,91	31,8
$НІР_{05}$ фактор (Б)		9,98	1,19	0,42	2,56
$НІР_{05}$ взаємодії факторів (АВ)		0,54	0,21	0,23	0,39

**Примітка: варіант 1 – одновидові насадження міскантуса (контроль), варіант 2 – сумісне вирощування міскантуса з багаторічним люпином, варіант 3 – сумісне вирощування міскантуса з люцерною серповидною, варіант 4 – сумісне вирощування міскантуса з конюшиною червоною.*

Встановлено, що врожайність сухої біомаси міскантуса гігантського залежить від способу вирощування культури та має чіткий тренд до щорічного збільшення: від 6,7 т/га – у перший рік, до 18,6 т/га – на четвертий рік (рис. 4).

Найбільшу врожайність сухої біомаси за роки дослідження (13,7 т/га) отримали на варіантах сумісного вирощування з люпином. Істотно нижчим цей показник виявився на контролі (12,6 т/га) та при вирощуванні з люцерною та конюшиною, відповідно – 12,9 і 13,1 т/га за $НІР_{05}$ 0,21.

За результатами проведено кореляційно-регресійного аналізу визначено кількісні показники, що мають середній, або сильний зв'язок із врожайністю біомаси на 5 % рівні значущості (рис. 5).

Загалом за роки дослідження встановлено наступну залежність. За всіма варіантами досліду врожайність біомаси міскантуса гігантського залежала як від довжини, так і кількості стебел (r > 0,7). Середню кореляцію визначено між врожайністю і довжиною листка (r = 0,44...0,62) так їхньою кількістю на рослині (r = 0,41...0,61), що під-

Таблиця 2

Урожайність міскантусу гігантського за сухою біомасою першого-четвертого років вегетації (т/га), 2016–2021 рр.

Спосіб вирощування* (фактор Б)	Рік (фактор А)				Середнє
	перший (2016–2018)	другий (2017–2019)	третій (2018–2020)	четвертий (2019–2021)	
варіант 1	6,2	11,4	14,6	18,1	12,6
варіант 2	7,4	12,4	15,6	19,5	13,7
варіант 3	6,8	12,0	14,8	18,6	13,1
варіант 4	6,7	11,9	14,9	18,2	12,9
Середнє	6,8	11,9	15,0	18,6	13,1
$НІР_{05}$ фактор (А)					1,87
$НІР_{05}$ фактор (Б)					0,21
$НІР_{05}$ взаємодії факторів (АВ)					0,19

**Примітка: варіант 1 – одновидові насадження міскантуса (контроль), варіант 2 – сумісне вирощування міскантуса з багаторічним люпином, варіант 3 – сумісне вирощування міскантуса з люцерною серповидною, варіант 4 – сумісне вирощування міскантуса з конюшиною червоною.*

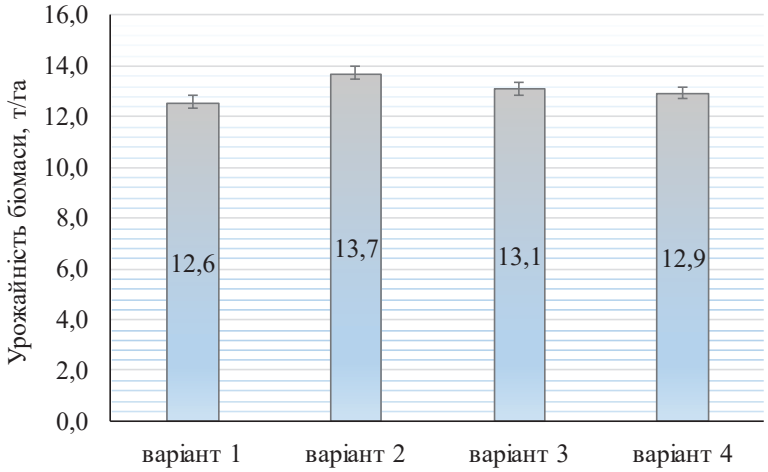


Рис. 4. Урожайність за сухою біомасою міскантусу гігантського залежно від способу вирощування, середня за 2016–2021 рр.

**Примітка: варіант 1 – одновидові насадження міскантуса (контроль), варіант 2 – сумісне вирощування міскантуса з багаторічним люпином, варіант 3 – сумісне вирощування міскантуса з люцерною серповидною, варіант 4 – сумісне вирощування міскантуса з конюшиною червоною.*

тверджується достовірними коефіцієнтами кореляції при рівні значущості 5 %.

Висновки. 1. Встановлено, що сумісне вирощуванні з бобовими культура (люпином багаторічний, люцерна серповидна, конюшина червона) збільшує кількісні показники рослин міскантуса гігантського (довжина стебла, кількість стебел на рослині, середня довжина листка, середня кількість листків на рослині). Найбільше значення цих показників зафіксовано на варіантах із люпином, істотно менше – при вирощуванні культури з люцерною та конюшиною.

2. Сумісне вирощуванні міскантусу гігантського з бобовими культурами суттєво збільшує врожайність за сухою масою. Прибавка врожаю міскантуса гігантського на варіантах сумісного вирощування з люпином становило у середньому за роки 1,2 т/га, за середньої врожайності 13,7 т/га. Прибавка врожаю біомаси з конюшиною та люцерною, порівняно із контролем (12,6 т/га) була відповідно 0,5 і 0,4 т/га за врожайності 13,1 і 12,9 т/га.

3. За коефіцієнтами кореляцій визначено, що врожайність міскантуса гігантського при сумісному вирощуванні з бобовими культурами формується за рахунок висоти та густоти стеблостою ($r > 0,7$), в меншій мірі залежить від довжини листків ($r = 0,44...0,62$) та їх кількості на рослині ($r = 0,41...0,61$).

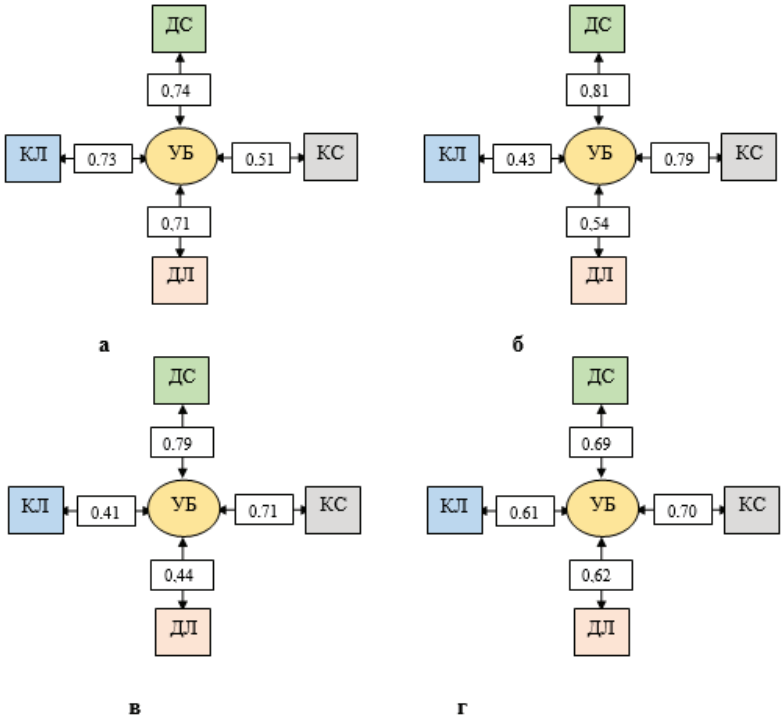


Рис. 5. Залежність між кількісними показниками рослин і врожайністю сухої біомаси міскантуса за різних варіантів вирощування

**Примітка: УБ – урожайність сухої біомаси, т/га; ДС – середня довжина стебел, см; КС – середня кількість стебел на рослині, шт.; ДЛ – середня довжина листка, см; КЛ – середня кількість листків на рослині, шт.*

а – одновидові насадження міскантуса (контроль), б – сумісне вирощування міскантуса з люпином багаторічний, в – сумісне вирощування міскантуса з люцерною серповидною, г – сумісне вирощування міскантуса з конюшиною червоною.

Бібліографічні посилання:

1. Dekovets, V. O., Kulyk, M. I. & Halytska M. A. (2021) Biolohizatsiia tekhnolohii vyroshchuvannia miskantusu hihantskoho na biopalyvo [Biologization of technology of growing giant miscanthus for biofuel]. Ahrarni innovatsii, 10, 23–28. (in Ukrainian) doi: 10.32848/agrar.innov.2021.10.4

2. Dekovets, V.O. (2019) Miskantus v Ukraini: kolektyvna monohrafiia [Miscanthus in Ukraine]. Monograph. TOV TsP «Komprint» K. : 256 (in Ukrainian).

3. Dekovets, V.O., Kulyk, M.I. & Syplyvaia N.O. (2021) Osobenosty formyrovanyia urozhainosty byomassы myskantusa hyhanskoho pry sovmestnom vurashchyvanyy s bobovumy kulturamy [Peculiarities of yield formation of biomass of Miscanthus giganteus when growing together with leguminous crops]. Ştiinţa agricolă, (2), 71–78. doi: 10.5281/zenodo.5834616

4. Dospekhov, B. A. (1985) Metodyka polevoho oputa. [Field experiment methodology]. Kolos Moskva. 416. (in Russian).

5. Halytska, M. A., Pysarenko, P. V. & Kulyk M. I. (2018) Humifikatsiino-mineralizatsiini protsesy yak pokaznyk akumuliatsii karbonu v gruntakh [Humification-mineralization processes as an indicator of carbon accumulation in soils]. Tavriiskyi naukovyi visnyk, 102, 130–136 (in Ukrainian).

6. Humentyk, M. Ya. (2019) Osoblyvosti tekhnolohii zmishanoho vyroshchuvannia bioenerhetychnykh zlakovykh kultur dlia vyrobnytstva biopalyva [Features of the technology of mixed cultivation of bioenergy cereals for biofuel production]. Bioenerhetyka, 1(13), 16–18. doi: 10.47414/be.1.2019.229279 (in Ukrainian)

7. Humentyk, M. Ya., Kvak, V. M. & Zamoiskyi O. I. (2015) Vplyv elementiv mekhanizovanoi tekhnolohii vyroshchuvannia na produktyvnist biomasy miskantusu [Influence of elements of mechanized cultivation technology on the productivity of miscanthus biomass]. Visnyk Dnipropetrovskoho derzhavnoho ahrarno-ekonomichnoho universytetu, 4, 50–54 (in Ukrainian).

8. Kalinichenko, A., Kalinichenko, O. & Kulyk M. (2017) Assessment of available potential of agro-biomass and energy crops phytomass for biofuel production in Ukraine. Odnawialne źródła energii: teoria i praktyka. Monograph. Uniwersytet Opolski, Opole, Kijów, II, 163–179.

9. Kharytonov, M. M. & Babenko, M. H. (2018) Prydatnist riznykh edafichnykh konstruktsii modelei tekhnozemiv dlia vyroshchuvannia Miscanthus × giganteus. Ratsionalne vykorystannia resursi v v umovakh ekolohichno stabilnykh terytorii: kolektyvna monohrafiia [Suitability of different edaphic constructions of technozem models for growing Miscanthus × giganteus. Rational use of resources in ecologically stable areas]. P. , TOV NVP «Ukrpromtorhservis», 106–113. (in Ukrainian).

10. Khivrych, O. B., Kurylo, V. L. & Kvak V. M. (2011) Enerhetychni roslyny, yak syrovyna dlia biopalyva [Energy plants as raw materials for biofuels]. Propozytsiia, (6), 68 (in Ukrainian).
11. Kulyk, M. I., Kurylo, V. L., Kalinichenko, O. V. & Galytska, M. A. (2019) Plant energy resources : agroecological, economic and energy aspects : Monograph. Astraya Poltava, 119.
12. Kulyk, M. I. & Padalka, V. V. (2020) Rozvytok bioenerhetyky na osnovi roslynnoho enerhetychnoho resursu (na prykladi Poltavskoi oblasti). Upravlinnia stratehiiamy vyperedzhaiuchoho innovatsiinoho rozvytku: Monohrafiia [Development of bioenergy on the basis of plant energy resource (on the example of Poltava region). Management of strategies of advanced innovative development: Monograph]. Sumy : Trytoriia, 109–118 (in Ukrainian).
13. Kulyk, Maksym, Kalinichenko, O. & Dekovetz, V. (2020) Efficiency of energy crops cultivation for business development in Ukraine. Organization and management in the services' sphere on selected examples. Editors: Tetyana Nestorenko, Tadeusz Pokusa. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration : Opole, Poland, 36–45.
14. Kulyk, Maksym, Shokalo, N. & Dinets, O. (2019). Morphometric indices of plants, biological peculiarities and productivity of industrial energy crops. Development of modern science: the experience of European countries and prospects for Ukraine: monograph / edited by authors. 3rd ed. Riga, Latvia: «Baltija Publishing», 411–431. doi: 10.30525/978-9934-571-78-7
15. Kurylo, V. L, Hanzhenko, O. M., Humentyk, M. Ya, Kvak, V. M., Zamoiskyi, O. I. & Zykov, P. Yu. (2012) Metodychni rekomendatsii z provedennia peredsadylnoho obrobitku gruntu i sadinnia ryzomiv miskantusu [Guidelines for pre-planting tillage and planting of miscanthus rhizomes]. IBKiTsB NAAN, 15 (in Ukrainian).
16. Kurylo, V. L., Hanzhenko, O. M. & Humentyk, M. Ya. (2016) Metodychni rekomendatsii z tekhnolohii vyroshchuvannia i pererobliannia miskantusu hihantskoho [Methodical recommendations on the technology of cultivation and processing of giant miscanthus]. Kyiv: Komprynt, 40 (in Ukrainian).
17. Kurylo, V. L., Humentyk, M. Ya. & Kvak, V. M. (2010) Miskantus – perspektyvna enerhetychna kultura lia vyrobnytstva biopalyva [Miscanthus is a promising energy crop for biofuel production]. Ahrobiolohiia. 4(80), 62–66 (in Ukrainian).
18. Pryshliak, N. V. (2021) Potentsiini mozhlyvosti vyroshchuvannia bioenerhetychnoi syrovyny na vyrobnytstvo tverdoho biopalyva [Potential opportunities for growing bioenergy raw materials for the production of solid biofuels]. Ahrosvit, (1–2), 33–45 doi 10.32702/2306&6792.2021.1-2.33 (in Ukrainian).
19. Pysarenko, P. V., Kurylo, V. L. & Kulyk, M. I. (2017) Ahrobiomasa ta fitomasa enerhetychnykh kultur dlia vyrobnytstva biopalyva [Agrobiomass and phytomass of energy crops for biofuel production]. Rozrobka ta vdoskonalennia enerhetychnykh system z urakhuvanniam naiavnoho potentsialu alternatyvnykh dzherel enerhii. kolektyvna monohrafiia. TOV NVP «Ukrpromtorhservis», 258–266 (in Ukrainian).
20. Rakhmetov, D. B., Kalenska, S. M. & Fedorchuk, M. I. et al. (2017) Metodychni rekomendatsii z optymizatsii tekhnolohii vyroshchuvannia miskantusu v riznykh hruntovo-klimatychnykh zonakh Ukrainy [Guidelines for optimization of miscanthus cultivation technology in different soil and climatic zones of Ukrain]. Vydavnychyi tsentr «Kolos», DVNZ «Khersonskyi derzhavnyi ahrarnyi universytet», 22. (in Ukrainian)
21. Roik, M. V., Hanzhenko, O. M. & Tymoshchuk, V. L. (2015) Kontseptsiia vyrobnytstva i vykorystannia tverdykh vydiv biopalyva v Ukraini [Concept of production and use of solid biofuels in Ukraine]. Bioenerhetyka, (1), 5–8 (in Ukrainian).
22. Taranenko A., Kulyk M., Galytska M., Taranenko S. (2019) Effect of cultivation technology on switchgrass (*Panicum virgatum* L.) productivity in marginal lands in Ukraine. Acta Agrobot, 72 (3), 1786. doi: 10.5586/aa.1786 (in Ukrainian)
23. Zinchenko, V. O., Roik, M. V. & Rakhmetov, D. B. (2012) Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv miskantusu hihantskoho (Miscanthus × giganteus J.M. Greef & Deuter ex Hodkinson & Renvoize) na vidminnist, odnoridnist i stabilnist [Methods of examination of varieties of giant miscanthus (Miscanthus × giganteus J.M. Greef & Deuter ex Hodkinson & Renvoize) for distinctiveness, uniformity and stability]. UIESR K:, 16 (in Ukrainian).

Dekovets V. A., *PhD student, Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine*
Kulyk M. I., *Doctor (Agricultural Sciences), Professor, Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine*
Syplyva N. O., *PhD (Biological Sciences), Ukrainian Institute of Plant Variety Examination, Kyiv, Ukraine*
Rudenko O. A., *Senior Research Fellow, Ukrainian Institute of Plant Variety Examination, Kyiv, Ukraine*

Dependence of biomass yield of giant miscantnhus on quantitative indicators of plants when grown with legumes

In the article the peculiarities of formation of yield of giant miscanthus depending on quantitative indicators of plant phytocenosis on the basis of ecologization of technology of cultivation of culture are determined. The research was conducted in the central part of the Forest-Steppe using the methodological recommendations of Ukrainian and foreign authors. The experiment combined the study of the following factors: factor A - year (2016–2021), factor B - methods of growing giant miscanthus: variant 1 - single-species plantations of miscanthus (control), variant 2 - growing miscanthus together with perennial lupine (Lupinus perennis L.), variant 3 - cultivation of miscanthus together with sickle alfalfa (Medicago falcata L.), variant 4 - cultivation of miscanthus together with red clover (Trifolium pratense L.). Quantitative indicators of plants were determined according to the approved methodology, and biomass yield - by weight method. Relationships between indicators were established on the basis of correlation and regression analysis. According to the results of the research, it was found that the quantitative indicators of giant miscanthus plants, depending on the methods of growing the crop, had a significant variation. It was found that the yield of dry biomass of giant miscanthus depends on the method of cultivation of the crop and has a clear trend to an annual increase: from 6.7 t/ha - in the first year, to 18.6 t/ha - in the fourth year. The highest yield of dry biomass during the years of research (13.7 t/ha) was obtained on the variants of joint cultivation with lupine, significantly less - when growing the crop with alfalfa and clover. The increase in the yield of giant miscanthus on the variants of joint cultivation with lupine averaged 1.2 t/ha. Biomass yield with clover and alfalfa, compared to the control,

was 0.5 and 0.4 t/ha, respectively. Studies have shown a significant impact of quantitative indicators: by the correlation coefficient (r > 0.7) and regression equations on the yield of miscanthus biomass. Correlation dependencies indicate that different methods of growing Miscanthus giganteus have an impact on the formation of biometric parameters and their relationship with biomass yield. It is established that in single-species plantations the highest biomass yield of Miscanthus giganteus is formed due to the height and density of the stem (r > 0.7), less influence have the length of the leaf and their number (r > 0.31–0.69).

Key words: *giant miscanthus, legumes, biometric parameters of plants, biomass, yield, correlation dependencies.*

УДК 581.526.3/.4:502.17

СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ ЛУЧНОЇ ФЛОРИ РЕГІОНАЛЬНОГО ЛАНДШАФТНОГО ПАРКУ «СЕЙМСЬКИЙ»

Зубцова Інна Володимирівна
кандидат біологічних наук, доцент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0001-6339-931X
i_zubtsova@ukr.net

Міськова Олена Вікторівна
аспірантка
Інститут ботаніки імені М. Г. Холодного Національної академії наук України, м. Київ, Україна
ORCID: 0000-0003-3827-7307
lena.miskova.enot@gmail.com

Клименко Ганна Олександрівна
кандидат біологічних наук, доцент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0003-1859-4997
annaklimenko2014@gmail.com

У статті наведено результати досліджень систематичної, географічної, біоморфологічної, екологічної і еколого-ценотичної структури лучної флори регіонального ландшафтного парку «Сеймський». Показано, що ця група рослин репрезентована 436 видами вищих судинних рослин, що належать до 235 родів та 35 родин. На першому місці у спектрі родин представники Asteraceae: їхня частка досягає 15,0%. На другому та третьому місцях, відповідно, родина Poaceae (12,0%) та Fabaceae (10,7%). При цьому флористичні пропорції становлять – 1:6,7:12,4, а родовий коефіцієнт дорівнює 1,8. Значна частка видів мають ареали поширення у межах Неморально-субсередземноморської зони: 103 види (23,6%). Це є відображенням зональних особливостей географічного розташування досліджуваного регіону. Вагомою є частка видів Європейсько-Азійського походження (33,0%).

У формуванні лучних фітоценозів регіонального ландшафтного парку «Сеймський» провідну роль відіграють трав'янисті багаторічні рослини, які представлені 302 видами, частка яких досягає 69,0%. За типом вегетації переважають літньо-зелені рослини (332 види). На луках найбільше репрезентовані гемікриптофіти (за класифікацією Раункієра) – їхня частка досягає 74,2%. Аналіз флори з врахуванням відношенням рослин до світла, вологи, родючості ґрунту довів значне переважання геліофітів – 319 видів (73,2%), мезофітів – 160 видів (36,7%) та мезотрофів – 245 видів (56,2%). Лучні види флори РЛП «Сеймський» виявилися досить різноманітними за представленістю рослин різних життєвих стратегій за Дж. Граймом. Здебільшого вони належать до рудералів (R) (11,0%), конкурентно-стрес-стійких (CS) (10,5%) та конкурентно-рудеральних (CR) (10,3%) рослин.

За еколого-ценотичними характеристиками рослини досліджуваної групи регіонального ландшафтного парку «Сеймський» репрезентують п'ять флороценотипів. Найбільше видів відноситься до флороценотипу лучної флори – 195 видів (44,7). Флороценонотип синантропної рослинності нараховує 44 види, що становить 10,0% від загальної кількості видів. Це свідчить про потужний вплив антропопресії на стан та формування біорізноманіття на території цієї установи природно-заповідного фонду.

За результатами порівняння видового багатства регіонального ландшафтного парку «Сеймський» із флористичними показниками деяких інших регіональних парків України, зазначено, що кількісні показники досліджуваного парку не поступаються, а в деяких випадках навіть перевищують аналогічні значення інших РЛП. Найближчими до даних, отриманих нами, є характеристики лучних флор РЛП «Гадяцький», РЛП «Диканський» та РЛП «Кременчуцькі плавні».

Ключові слова: *регіональний ландшафтний парк «Сеймський», флора, систематична структура, флористичне багатство, географічний аналіз флори, ареал, хорологія, біоморфологія, екологічна структура флори, життєві форми, ценоелемент, флороценотип.*

DOI https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.4.5

Вступ. В умовах зростаючого рекреаційного навантаження та підвищеного антропогенного тиску на довкілля особливої актуальності набула проблема збереження біорізноманітності як на планетарному (Myers, 2003; Pimm et al., 2014; Barnosky et al., 2011; Ceballos et al., 2015); De Vos, et al., 2015; Funk, 2018; Heberling et al., 2019), так і на регіональному рівнях (Bondarieva et al., 2019; Klymenko & Sherstiuk, 2019; Skliar et al., 2020; Skliar et al., 2022).

За сучасною оцінкою, загальне різноманіття рослин наразі становить близько 400 тис. відомих видів (Nic Lughadha et al., 2016; Hassler, 2016; Crosby et al., 2000; Söderström et al., 2016), а близько 15% – ще невідомі (Joppa et al., 2011). Однак, для майже 30% видів дані є фрагментарними або ж не повними, а для більшості видів, інформація зовсім відсутня (Brummitt, et al., 2008; Brummitt & Lughadha, 2003). Незважаючи на те, що на

сьогодні існує багато джерел даних, лише у 2010 році, вперше за понад 100 років, була зроблена спроба скласти консолідований глобальний список рослин (The Plant List, 2020). Хоча він ще далекий від досконалості, проте постійно доповнюється і надає широкі можливості для пошуку як ботанічних характеристик видів (Heberling et al., 2019; Joppa et al., 2011), так й екологічні умов їхніх місцезростань (Anderson, 2012; Forzza et al., 2012; Ulloa et al., 2017).

У сучасних умовах одним із ефективних шляхів охорони біорізноманіття є формування мережі територій та об'єктів природно-заповідного фонду (Skliar & Skliar, 2013; Skliar & Skliar, 2014; Popovych et al., 2017). Особливо значущим є оголошення та функціонування природоохоронних установ поліфункціонального призначення, зокрема, біосферних заповідників, національних природних та регіональних ландшафтних парків (Onyshchenko & Andriienko, 2012 а; Onyshchenko & Andriienko, 2012 б; Skliar et al., 2012).

Регіональні ландшафтні парки відіграють важливу роль у формуванні екомережі та екологічного каркасу регіонів. Їхнє створення та функціонування є засобом збереження та охорони біорізноманіття не лише на територіях, які входять до їхнього складу, а часто, завдяки прояву еколого-стабілізуючої дії природних екосистем парків, ще й на місцевостях, прилеглих до них.

Найбільшою територією природно-заповідного фонду Сумської області є регіональний ландшафтний парк (далі – РЛП) «Сеймський». Він був оголошений розпорядженням голови Сумської обласної державної адміністрації (від 14.12.1995 року за №237) на площі 98857,9 га. Однак на той час не було ухвалене рішення про утворення адміністрації такої величезної природоохоронної території. Звичайно ж це не було позитивним фактом в аспекті забезпечення ефективної охорони природних комплексів РЛП. Незважаючи на невирішеність питання із наданням парку статусу установи ПЗФ, протягом наступних років його фіторізноманіття загалом та заплави р. Сейм, зокрема, неодноразово вивчалися науковцями (Karpenko, 1996а; Karpenko, 1996 б; Karpenko, 1998; Kozyr, 2005; Kozyr, 2007; Kuzemko & Kozyr, 2011).

7 жовтня 2016 року на засіданні сьомої сесії Сумської обласної ради було ухвалене рішення про створення комунального закладу «Регіональний ландшафтний парк «Сеймський»» та його адміністрації. Набуття РЛП статусу установи ПЗФ сприяло й систематизації та активізації наукових досліджень на його території (Yemets, 2019; Yemets et al., 2020; Zubtsova & Skliar, 2017; Zubtsova et al., 2020; Skliar et al., 2020; Miskova, 2020; Miskova, 2021). Натепер одним із її результатів є формування актуальної бази даних про видовий склад лучної флори РЛП. Це, у свою чергу, розкриває можливості для проведення її структурного аналізу, результати якого зазвичай мають як фундаментальне, так і прикладне значення: відбувається не лише поглиблення і впорядкування наявної інформацію про фіторізноманіття, а й розширюється інформативна база, на яку можна спиратися при ухваленні науково обґрунтованих рішень у природоохоронній справі.

Отже, метою нашої статті було визначено: встановити та проаналізувати лучну флору РЛП «Сеймський» за ознаками її систематичної, географічної, біоморфологічної, екологічної та еколого-ценотичної структури.

Матеріали і методи досліджень. В основу статті покладені матеріали польових і камеральних досліджень лучної флори РЛП «Сеймський», здійснених у період 2019–2022 рр. Ідентифікацію видів наведено відповідно до International plant name index (International…). Обсяг видів і родів та їх латинські назви подано переважно за базою даних The Euro+Med Plant Base (The Euro+Med…). Структурний аналіз здійснено із використанням морфолого-еколого-географічного методу систематики і флористики судинних рослин (Shmydt, 1984). Родини і порядки рослин подані згідно з прагматичною класифікацією (Mosyakin, 2013). Назви видів уточнені за зведенням С.Л. Мосякіна та М. М. Федорончука (Mosyakin & Fedoronchuk, 1999). За основу класифікації ареалів покладено схему Г. Мойзеля зі співавторами (Meusel et al., 1978). А також установлений спектр геоелементів флори та аналіз відновлювальної лучної рослинності за системою Д. Ю. Клеопова (Kleopov, 1990). В основу біоморфологічного аналізу покладена система життєвих форм В.М. Голубєва (Golubev, 1965; Golubev, 1968; Golubev, 1979), яка дозволяє враховувати їх незалежно одна від одної. Біоморфологічну характеристику видів наведено за тривалістю життєвого циклу, типом підземних систем і наземних пагонів, типом вегетації, біоморфою. Життєві форми виділено з класифікацією К. Раункієра (Raunkiaer, 1905). Еколого-ценотичний аналіз здійснено згідно з поглядами Б. В. Заверухи (Zaverukha, 1985). Обробка матеріалів проводилася із застосуванням програмних пакетів STATISTICA 13.0.

Результати. Видове багатство, систематичне різноманіття та систематична структура – це найважливіші риси флори. Вони характеризують флористичне різноманіття за кількістю таксонів різного рангу, властивих флорі, та їхнім співвідношеннями. За результатами польових досліджень, літературних даних та гербарних зразків нами було встановлено, що лучна флора РЛП «Сеймський» представлена 436 видами судинних рослин, що належать до 235 родів та 35 родин.

Серед досліджуваних видів Покритонасінних рослин дводольні види мають перевагу над однодольними у співвідношенні 1:4,8. Так, представників дводольних нами було зафіксовано 82,9%, а однодольних – 17,1%. Клас *Liliopsida* представлений 6 родинами (*Poaceae, Cyperaceae, Juncaceae, Iridaceae, Orchidaceae, Alliaceae*), а клас *Magnoliophyta* нараховує 29 родин, що свідчить про те, що лучна флора проявляє риси, які є характерними для Голарктичних флор.

Перше місце у спектрі родин флори посідає родина *Asteraceae* (15,0%). На другому та третьому місцях, відповідно, родини *Poaceae* (12,0%) та *Fabaceae* (10,7%). Переважання рослин родини *Asteraceae* є ознакою синантропізації та певної міри деградації лучної флори парку, що супроводжується зменшенням участі злаків і значним поширенням видів різнотрав'я. Це, у свою чергу, є наслідком наявних порушень в експлуатації лучних фітоценозів РЛП «Сеймський».

Таблиця 1

Систематична структура лучної флори РЛП «Сеймський»

№	Родина	Родів		Видів	
		Кількість родів	% від загальної кількості	Кількість видів	% від загальної кількості
1.	Asteraceae	38	16,5	67	15,0
2.	Poaceae	37	15,8	53	12,0
3.	Lamiaceae	25	10,6	41	9,5
4.	Brassicaceae	18	7,6	22	5,0
5.	Fabaceae	17	7,2	46	10,7
6.	Caryophyllaceae	16	6,8	33	7,5
7.	Ranunculaceae	12	5,1	24	6,5
8.	Boraginaceae	8	3,4	8	1,8
9.	Apiaceae	7	3	7	1,6
10.	Scrophulariaceae	7	3	8	1,8
11.	Oxalidaceae	5	2,1	5	1,1
12.	Polygonaceae	4	1,7	14	3,2
13.	Rosaceae	4	1,7	11	2,5
14.	Orchidaceae	4	1,7	4	0,9
15.	Cyperaceae	3	1,3	15	3,4
16.	Malvaceae	3	1,3	4	0,9
17.	Primulaceae	3	1,3	3	0,7
18.	Gentianaceae	2	0,85	4	0,9
19.	Urticaceae	2	0,85	3	0,7
20.	Asclepiadaceae	2	0,85	2	0,4
21.	Geraniaceae	2	0,85	6	1,4
22.	Iridaceae	2	0,85	5	1,1
23.	Plantaginaceae	2	0,85	20	4,7
24.	Violaceae	1	0,4	4	0,9
25.	Juncaceae	1	0,4	8	1,8
26.	Alliaceae	1	0,4	3	0,7
27.	Portulacaceae	1	0,4	3	0,7
28.	Crassulaceae	1	0,4	2	0,4
29.	Campanulaceae	1	0,4	2	0,4
30.	Balsaminaceae	1	0,4	2	0,4
31.	Clusiaceae	1	0,4	2	0,4
32.	Cuscutaceae	1	0,4	2	0,4
33.	Convolvulaceae	1	0,4	1	0,2
34.	Valerianaceae	1	0,4	1	0,2
35.	Lentibulariaceae	1	0,4	1	0,2
Всього		235	100	436	100

Значну питому вагу мають й представники родини *Lamiaceae* (9,5%), *Caryophyllaceae* (7,5%) та *Ranunculaceae* (6,5%). Не менш вагоме місце займає родина *Brassicaceae* (5,0%), що за літературними даними також є важливим показником рудералізованості лук (табл. 1).

Найчисельнішими за кількістю родів у лучній флорі РЛП «Сеймський» є родини *Asteraceae* (38 родів), *Poaceae* (37 родів), *Lamiaceae* (25 родів), *Brassicaceae* (18 родів), *Fabaceae* (17 родів), *Caryophyllaceae* (16 родів). Загальна кількість родів лучної флори території РЛП «Сеймський» свідчить про її гетерогенний характер. Високою видовою насиченістю відрізняються роди *Carex, Veronica, Poa, Trifolium Festuca, Vicia, Ranunculus.* Узагальнені дані про репрезентованість рослин провідних родів наведено у таблиці 2.

Результати аналізу родового спектру засвідчили, що у досліджуваній лучній флорі монотипні роди складають 85,62% від загальної кількості. На один рід у середньому припадає 2,34 види.

Аналіз географічної приуроченості рослин за зональним розподілом надає можливість встановити роль видів у формуванні флористичної та ценотичної структури угруповань лучної рослинності та виявити закономірності у їхньому історичному розвитку. Результати аналізу лучної флори РЛП «Сеймський» за зональним розподілом представлено у таблиці 3.

У результаті досліджень було встановлено, що значна частка видів мають ареали поширення у межах Неморально-субсередземноморської зони – 103 види або 23,6% від загальної кількості. Це є відображенням характерних зональних особливостей географічного

Таблиця 2

Спектр провідних родів лучної флори РЛП «Сеймський»

№	Рід	Кількість видів у роді
1.	Carex L.	19
2.	Veronica L.	17
3.	Poa L.	13
4.	Trifolium L.	11
5.	Festuca L.	10
6.	Vicia L.	9
7.	Ranunculus L.	8
8.	Centaurea L.	7
9.	Chenopodium L.	7
10.	Lathyrus L.	7
11.	Geranium L.	6
12.	Artemisia L.	5
13.	Potentilla L.	5
14.	Cirsium L.	5

Таблиця 3

Загальна характеристика спектру видів лучної флори РЛП «Сеймський» за зональним розподілом

№	Типи ареалів за зональністю	Кількість видів	Частка від загальної кількості, %
1.	*Temperate-Submeridional* (Неморально-субсередземноморський)	103	23,6
2.	*Boreal-Meridional* (Бореально-середземноморський)	97	22,2
3.	*Arctic-Submeridional* (Арктично-субсередземноморський)	41	9,4
4.	*Boreal-Submeridional* (Бореально-субсередземноморський)	39	8,9
5.	*Plurazona* (Плюризональний)	36	8,3
6.	*Temperate-Meridional* (Неморально-середземноморський)	34	7,8
7.	*Temperate* (Неморальний)	31	7,2
8.	*Submeridional-Meridional* (Субсередземноморсько-середземноморський)	28	6,4
9.	*Arctic-Temperate* (Арктично-неморальний)	27	6,2
	Всього	436	100

розташування досліджуваного регіону. Представниками даної групи є: *Medicago falcata* L., *Rumex confertus* Willd., *Trifolium alpestre* L.

На другому місці представники Бореально-середземноморської групи – 97 видів або 22,2%, що є свідченням впливу північного елементу на формування флористичної структури лучної рослинності регіону. До представників цієї групи належать: *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Plantago major* L., *Veronica arvensis* L. та ін. Значне місце у формуванні флористичної структури лучної рослинності посідають види Бореально-субсередземноморського походження: 39 видів (8,9 %). До цієї групи належать: *Trifolium arvense* L., *Dactylis glomerata* L. *Centaurea cyanus* L., *Vicia cracca* L., *Vicia sepium* L. Суттєву частку становлять представники Неморально-середземноморської групи – 34 вид (7,8%). Зокрема, це: *Artemisia campestris* L., *Medicago sativa* L., *Phleum phleoides* (L.) H. Karst.

Група Плюризональних видів – 36 видів (8,3%). Вона об'єднує види, поширені різними зонами Земної кулі. Наприклад, до неї відносяться *Sonchus oleraceus* L., *Solidago virgaurea* L.

Надзвичайно важливою складовою географічного аналізу є визначення меж ареалів, які дозволяють спостерігати за поширенням видів на материках або їх окремим частинам (рис.1).

Серед лучної флори РЛП «Сеймський» перше місце займають види із групи Європейсько-Азійського походження (33,0% від загальної кількості). Друге місці належить видам Європейського походження (20,0%). Типовими представниками цієї групи є: *Trifolium alpestre* L., *Salvia pratensis* L., *Vicia cassubica* L. Третє місце посідає група Циркумполярного хороелементу (15,0%). Типові представники: *Cerastium arvense* L., *Mentha arvensis* L. та ін.

У ході досліджень біоморфологічної структури лучної флори РЛП «Сеймський» було встановлено, що за

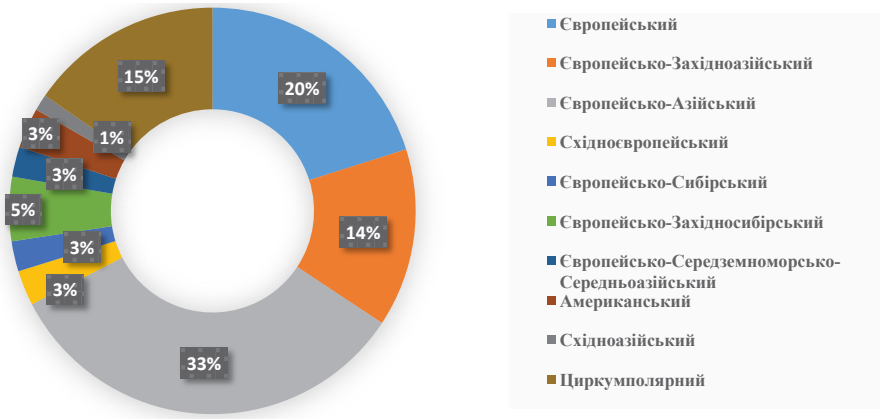


Рис. 1. Географічна структура лучної флори РЛП «Сеймський» у регіональному спектрі

тривалістю життєвого циклу основну роль серед лучних рослин відіграють трав'янисті багаторічні рослини, які представлені 302 видами (69% від загальної кількості всіх видів). Саме вони є основними у формуванні травостоїв, складають флористичне ядро лучної флори парку та демонструють особливості адаптацій рослинного покриву до антропогенних змін. На другому місці у досліджуваній лучній флорі за тривалістю життєвого циклу займають однорічні види – 67 видів (16,0%). Збільшення антропогенного впливу призводить до збільшення частки таких видів у травостоях РЛП «Сеймський».

Крім того, нами було відмічено 36 видів одно-дворічних рослин, які складають 8,0% від загальної кількості досліджуваної флори. У більшості випадків до цієї групи належать ранньоквітучі або види порушених територій. Дворічні та дво-багаторічні відіграють незначну роль у лучній флорі парку, складаючи 4,0% та 3,0% відповідно.

Надземні пагони лучних рослин відіграють важливу роль у структурі рослинних угруповань. За їхньої участі створюється покрив, ярусність, чисельність видів та інші ознаки флори. За пагоноутворенням рослини поділяють на три групи: безрозеткові, напіврозеткові і розеткові. На теренах РЛП серед представників лучної флори перевагу мають лучні напіврозеткові види – 204 види, що становило 47,8% від загальної кількості виявлених нами рослин. На другому місці за чисельністю є група безрозеткових рослин, які налічують 163 види (37,3%). Група розеткових рослин становила лише 69 видів (16,0%). Отже, даний розподіл характеризує мезотермофільний характер лучної флори, що властивий для Голарктичних флор помірної зони.

Відповідно до класифікації за типом вегетації, у складі лучної флори виділяються такі групи: літньо-зелені, зимово-зелені, ефемери та ефемероїди. Серед лучної флори РЛП «Сеймський» переважна більшість літньо-зелених видів. Це трав'янисті види, що утворюють лучні пасовищні і сіножатні угіддя.

Загальна кількість видів літньо-зелених рослин досягає 332. Друге місце належить літньо-зимово-зеленим видам, які налічують 72 види. Важливу групу на луках відіграють ефемери. На досліджуваній території вони налічують 24 види. Ефемероїдів – 6 видів. Це багаторічні рослини, які дуже часто потерпають від абіотичного та антропогенного впливів.

На сьогодні існує велика кількість наукових підходів щодо виділення біоморф, проте найбільш зручною та неперевершеною за широтою практичного використання виявилась класифікація життєвих форм, запропонована у 1905 році датським ботаніком К. Раункієром. При виділенні життєвих форм рослин Раункієр використав єдину морфометричну ознаку, а саме: положення бруньок відновлення відносно поверхні землі протягом несприятливого періоду, котра виявилась дуже важливою з пристосувальної точки зору.

Проведений нами аналіз лучної флори РЛП «Сеймський» на основі класифікації Раункієра засвідчив, що найбільш репрезентованими є гемікриптофіти – 74,2%, значно менше представлені криптофіти – 16,5%, на терофіти припадає лише 8,3% і хамефіти складають 1,0%.

Кількість криптофітів значно менша за кількість гемікриптофітів, проте у лучній флорі парку наявні всі три підгрупи (геофіти, гелофіти та гідрофіти), що пояснюється значним поширенням прибережно-водної рослинності й є цілком закономірною для території ландшафтного парку.

Екологічна структура флори – це відображення пристосування рослин до умов середовища існування (Didukh et al., 2000). Результати проведеного аналізу лучної флори за відношенням рослин до світла (геліоморфи), вологи (гігроморфи), грунту (трофоморфи) репрезентовані у таблиці 4.

Її дані демонструють значне переважання геліофітів: 319 видів (73,2%), що є цілком закономірним для лучної флори. До таких видів належать *Medicago sativa* L., *Trifolium pratense* L., *Tussilago farfara* L. Проте не менш значною є група геліосціофітів: 83 види (19,0%). Найменше видів об'єднує група сціогеліофітів – 34 види (7,8%). Щодо гігроморф, то на території дослідження переважає екологічна група мезофітів – 160 видів (36,7%). Не менш вагома група мезоксерофітів: 103 види (23,6 %). Значно меншу групу складають ксеромезофіти (82 види (18,8%)) та ксерофіти (56 видів (12,8%). Найменш представленими виявились гігромезофіти: 35 видів (8,0%)

Таблиця 4

Екологічна структура лучної флори РЛП «Сеймський»

Екоморфа	Кількість видів	% від загальної кількості
Геліоморфа		
Геліофіт	319	73,2
Геліосціофіт	83	19,0
Сціогеліофіт	34	7,8
Всього	436	100
Гігроморфа		
Ксерофіт	56	12,8
Ксеромезофіт	82	18,8
Мезоксерофіт	103	23,6
Мезофіт	160	36,8
Гігромезофіт	35	8,0
Всього	436	100
Трофоморфа		
Оліготрофи	146	33,5
Мезотрофи	245	56,2
Еутрофи	45	10,3
Всього	436	100

На досліджуваній нами території переважає група мезотрофів – 245 видів, що становить 56,2%. До групи оліготрофи належать 146 видів (33,5%). Еутрофи репрезентовані 45 видами (10,3%).

Лучні види флори РЛП «Сеймський» виявилися досить різноманітними за представленістю рослин різних життєвих стратегій за Дж. Граймом. Вони складають 16 різновидів життєвих стратегій.

Здебільшого рослини належать до рудералів (R) (11,0%), конкурентно-стрес-стійких (CS) (10,5%) та конкурентно-рудеральних (CR) (10,3%) видів. Значною є частка перехідних від рудеральних (R-CR) до конкурентно-рудеральних, що складають 9,2%, а також конкурентів (C) та стрес-стійких видів (S) (по 7,4%). Відсоток рослин інших життєвих стратегій знаходиться у межах 6,2%–1,3%.

За еколого-ценотичною належністю досліджуваних видів до основних типів рослинності, нами було виділено п'ять флороценотипів (табл. 5). До флороценотипу лучної флори належать 195 видів, що складає 44,7%. Залежно від ценотиповості та екологічної приуроченість видів, виділяють флороценосвіти. Із них заплавнолучна репрезентована 106 видами (24,3%): *Agrostis canina* L., *Plantago lanceolata* L., *Festuca rubra* L., *Festuca pratensis* Huds., *Alopecurus pratensis* L., *Poa palustris* L., *Trifolium arvense* L., *Potentilla reptans* L., *Ranunculus acris* L. та ін.

Суходольнолучна флороценосвіта нараховує 89 видів (20,4%). До таких угруповань належать види: *Agrostis gigantea* Roth, *Poa compressa* L., *Polygonum aviculare* L., *Plantago lanceolata* L. та інші.

Флороценотип лучно-степової рослинності нараховує 96 видів (22,0%). До його складу входять: *Alopecurus pratensis* L., *Poa angustifolia* L., *Potentilla argentea* L., *Agrostis tenuis* Sibth., *Achillea millefolium* L., *Veronica spicata* L., *Inula hirta* L., *Iris hungarica* Walds. Et Kit. та інші.

Флороценотип болотної рослинності нараховує 52 види (12,1%): *Juncus effusus* L., *Carex pilosa* Scop., *C.caespitosa* L., *Oxicoccus palustre* Pers та інші.

Флороценотип прибережно-водної рослинності нараховує 49 видів (11,2%). Він репрезентований різноманітними видами роду *Salix* L., до яких додаються *Rumex conglomeratus* Murr, *Tussilago farfara* L., *Stellaria palustris* Retz, *Polygonum hydropiper* L., *Veronica beccabunga* L. та інші.

Флороценонотип синантропної рослинності нараховує 44 види (10,0%), що дозволяє говорити про збільшення антропогенних факторів у регіоні досліджень. До складу синантропної рослинності входять представники сегетальної (25 видів (5,7%) та рудеральної (19 видів (4,3%)) рослинності. До складу сегетальної рослинності належать: *Centaurea cyanus* L., *Agropyron repens* L., *Convolvulus arvense* L., *Chenopodium album* L., *Brassica campestris* L. Рудеральна рослинність представлена видами: *Leonurus cardiaca* L., *Artemisia vulgaris* L., *Erysimum repandum* L., *Lepidium ruderale* L. та інші.

Обговорення. Систематичну різноманітність флори певної території характеризують флористичні пропорції, зокрема відношення числа родин до числа родів, числа видів – до родин, а також родовий коефіцієнт, середня кількість видів у роді (Dvirna, 2012). Результати дослідження лучної флори РЛП «Сеймський» свідчать про те, що її флористичні пропорції становлять – 1:6,7:12,4, родовий коефіцієнт 1,8. Ці показники суттєво відрізняються від флористичних пропорцій України (1:2,1:8,7, родовий коефіцієнт – 4,1) (Protopopova, 1991). Це обумовлено посиленням інтенсивності занесення нових видів та ергазіофітів і ефемерофітів. Відмінність у величинах родових коефіцієнтів пояснюється тим, що більшість родів представлена не багатьма видами. За результатами порівняння видового багатства РЛП «Сеймський» із флористичними показниками деяких інших регіональ-

Таблиця 5

Еколого-ценотична структура лучної флори РЛП «Сеймський»

п/п	Флороценотип	Кількість видів	% від загальної кількості видів
1.	**Лучний (*Pratophyton*)**	195	44,7
	а) заплавнолучна	106	24,3
	б) суходольнолучна	89	20,4
2.	**Лучно-степовий (*Prato-Stepophyton*)**	96	22,0
3.	**Болотний (*Paludophyton*)**	52	12,1
4.	**Гігрофільна (*Hygrophyton*)**	49	11,2
5.	**Синантропний (*Synantropophyton*)**	44	10,0
	а) сегетальна	25	5,7
	б) рудеральна	19	4,3
	Всього видів	436	100

них парків України, маємо зазначити, що кількісні показники досліджуваного парку не поступаються, а в деяких випадках навіть перевищують аналогічні значення інших РЛП. Найближчими до даних, отриманих нами, є характеристики лучних флор РЛП «Гадяцький», РЛП «Диканський» та РЛП «Кременчуцькі плавні» (Полтавська область, Україна) (Khannanova, 2015). Систематична структура лучної флори парку загалом подібна до інших регіонів країни. Вона відображає зональні риси, але у той же час за географічними параметрами, може проявляти і свої специфічні ознаки.

Висновки. Під час дослідження лучної флори регіонального ландшафтного парку «Сеймський» було визначено 436 видів рослин, що відносяться до 35 родин 235 родів.

Проведений структурний аналіз лучної флори РЛП «Сеймський» свідчить про її належність до голарктичних флор, але й вказує на її гетерогенний характер. Зональний розподіл показав, що значна частка видів мають ареали поширення у межах Неморально-субсередземноморської зони – 103 види (23,6%) та Бореально-середземноморської – 97 видів (22,2%). Це є свідченням впливу північного елементу на формування флористичної структури лучної рослинності регіону. У ході досліджень біоморфологічної структури встановлено, що за тривалістю життєвого циклу провідну роль серед лучних рослин відіграють трав'янисті багаторічні рослини, які репрезентовані 302 видами (69,0%). Саме ці представники відіграють провідну роль у формування травостоїв та складають флористичне ядро лучної флори парку. Результати аналізу екологічної структури лучної флори засвідчили значне переважання геліофітів 319 видів (73,2%), що є цілком закономірним для лучної флори. За еколого-ценотичною структурою провідну роль у складі досліджуваної флори відіграє лучний флороценотип (з переважанням заплавнолучної флороценосвіти) .

Бібліографічні посилання:

1. Anderson, R. P. (2012). Harnessing the world's biodiversity data: Promise and peril in ecological niche modeling of species distributions. Annals of the New York Academy of Sciences, 1260(1), 66–80. doi: 10.1111/j.1749-6632.2011.06440.x
2. Barnosky, A. D., Matzke, N., Tomiya, S., Wogan, G. O. U., Swartz, B., Quental, B. & Ferrer, E. A. (2011). Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? Nature, 471, 51– 57. doi: 10.1038/nature09678
3. Bondarieva, L.M., Kyrylchuk, K.S., Skliar V. H., Tikhonova O.M., Zhatova, H.O. & Bashtovyi, M.G. (2019). Population dynamics of the typical meadow species in the conditions of pasture digression in flooded meadows. Ukrainian Journal of Ecology. 9 (1). 204–211.
4. Brummitt, N. A., Bachman, S. P. & Moat, J. F. (2008). Applications of the IUCN Red List: Towards a global barometer for plant diversity. Endangered Species Research, 6, 127–135. doi: 10.3354/esr00135
5. Brummitt, N. A. & Lughadha, E. N. (2003). Biodiversity: Where's hot and where's not. Conservation Biology, 17(5), 1442–1448. doi: 10.1046/j.1523-1739.2003.02344.x
6. Ceballos, G., Ehrlich, P. R., Barnosky, A. D., García, A., Pringle, R. M. & Palmer, T. M. (2015). Accelerated modern human–induced species losses: Entering the sixth mass extinction. Science Advances, 1(5), 140–253. doi: 10.1126/sciadv.1400253
7. Crosby, M. R., Magill, R. E., Allen, B. & He, S. (2000). A checklist of the mosses. Missouri Botanical Garden, St Louis, U.S.A.
8. De Vos, J. M., Joppa, L. N., Gittleman, J. L., Stephens, P. R. & Pimm, S. L. (2015). Estimating the normal background rate of species extinction. Conservation Biology, 29(2), 452–462. doi: 10.1111/cobi.12380
9. Didukh, Ya. P., Pliuta, P. H. & Protopopova, V. V. (2000). Ekoflora Ukrainy : v 3 t. [Ekoflora of Ukrainy]. K. Fitosotsiotsentr, T. 1, 284 (in Ukrainian).
10. Dvirna, T. S. (2012). Znakhidky vydiv adventyvnykh roslyn na terytorii Romensko-Poltavskoho heobotanichnoho okruhu. [Finds of alien plants on the territory of the Romensko-Poltavsky geobotanical region]. Ukrainian Botanical Journal, 69(6), 847–853 (in Ukrainian).
11. Funk, V. A. (2018). Collections-based science in the 21st Century. Journal of Systematics and Evolution, 56, 175–193. doi:10.1111/jse.12315

12. Hassler, M. (2016). World ferns: checklist of ferns and lycophytes of the world. In: Y. Roskov, L. Abucay, T. Orrell, D. Nicolson, T. Kunze, C. Flann, N. Bailly, P. Kirk, T. Bourgoin, R. E. DeWalt, W. Decock, A. De Wever (Eds.). Species 2000 & ITIS Catalogue of Life. Species 2000. Leiden, the Netherlands: Naturalis.
13. Heberling, J. M., Prather, L. A. & Tonsor, S. J. (2019). The changing uses of herbarium data in an era of global change: An overview using automated content analysis. BioScience, 69(10), 812– 822. doi: 10.1093/biosci/biz094
14. Golubev, V. N. (1965). Ekologo-biologicheskie osobennosti travyanistyih rasteniy i rastitelnyih soobschestv lesostep. [Ecological and biological features of plants and plant communities of the Foreststeppe]. Nauka, M., 287 (in Russian).
15. Golubev, V. N. (1968). Ob izuchenii zhiznennyih form rasteniy dlya tseley fitotsenologii. [On the study of life forms of plants for the purposes of phytocenology]. Botan. zhurn, 53 (8), 1085–1093 (in Russian).
16. Golubev, V. N. (1979). Voprosyi izucheniya regionalnyih biologicheskih flor. [Questions of studying regional biological flora]. Izd. AN KazSSR. Ser. biol. 1, 1–7 (in Russian).
17. International plant name index (IPNI). Access mode: https://www.ipni.org
18. Joppa, L. N., Roberts, D. L., Myers, N. & Pimm, S. L. (2011). Biodiversity hotspots house most undiscovered plant species. Proceedings of the National Academy of Sciences, 108(32), 13171–13176. doi: 10.1073/pnas.1109389108
19. Karpenko, Yu. O. (1996a). Rozpodil roslynnosti v dolyni r. Seim.[Distribution of vegetation in the valley of the Seim River]. Ekolohiia, okhorona pryrody, ekolohichna osvita i vykhovannia. Zb. statei. Chernihiv, 84-92 (in Ukrainian).
20. Karpenko, Yu. O. (1996b). Florystychni znakhidky v nyzhnii chastyni mizhrichchia Desna-Seim. Suchasnyi stan ta shliakhy vyrishennia ekolohichnykh problem Chernihivskoi oblasti. [Floristic finds in the lower part of the Desna-Seym interfluve. Current state and ways of solving ecological problems of the Chernihiv region]. Nizhyn, 119–120 (in Ukrainian).
21. Karpenko, Yu. O. (1998). Bolota-bliudtsia v nyzhnii chastyni mezhyrichchia Desna- Seim. [Saucer marshes in the lower part of the Desna-Seym interfluve]. Ukrainian Botanical Journal, 55 (5), 528–532 (in Ukrainian).
22. Khannanova O.R. (2015). Systematychnyi analiz flory rehionalnoho landshaftnoho parku «Hadiatskyi» (Poltavska oblast, Ukraina). [The systematic analysis of the flora of the regional landscape park «Gadyachsky» (Poltava region, Ukraine)]. Chornomors'k. bot. z.,11 (3), 364–372 doi:10.14255/2308-9628/15.113/9. (in Ukrainian).
23. Kleopov, Yu. D. (1990). Analiz floryi shirokolistvennyih lesov evropeyskoy chasti SSSR. [Analysis of the flora of European broad-leaved forests parts of the USSR]. Naukova dumka, K., 359 (in Russian).
24. Klymenko H., & Sherstiuk, M. (2019). Ridkisni roslyny pryrodnoho zapovidnyka «Mykhailivska tsilyna» [Rare Plants of the Mykhailivs'ka Tsilyna Nature Reserve]. Lesia Ukrainka Eastern European National University Scientific Bulletin Series: Biological Sciences, 4(388), 30–39 doi: 10.29038/2617-4723-2019-388-4-47-56 (in Ukrainian).
25. Kozyr, M. S. (2005). Stan vyvchennia zaplavnykh luk r. Seim. [The state of study of the floodplains of the Seim River]. Aktualni problemy doslidzhennia ta zberezhennia fitoriznomanittia: mat-ly konf. mol. uchenykh-botanikiv (6-9. 09. 2005, Uman, Natsionalnyi dendrolohichnyi park «Sofiivka» NAN Ukrainy), 90–93 (in Ukrainian).
26. Kozyr, M. S. (2007). Ridkisni vydy v zaplavi r. Seim na terytorii Ukrainy. [Rare species in the floodplain of the Seim River in the territory of Ukraine]. Ukrainian Botanical Journal, 64 (6), 833–840 (in Ukrainian).
27. Kuzemko, A. A., & Kozyr, M. S. (2011). Syntaksonomichni zminy luchnoi roslynnosti zaplavy richky Seim na terytorii Ukrainy. [Syntaxonomic changes of the meadow vegetation of the floodplain of the Seim River in the territory of Ukraine]. Ukrainian Botanical Journal, 68(2), 216–226 (in Ukrainian).
28. Meusel, H., Jäger, E., Rauschert, S. & Weinert, E. (1978). Chorologie der zentraleuropaeschen Flora Jena: Fischer. Bd 2, 421.
29. Miskova, O. V. (2020). Uchast invaziinykh vydiv roslyn u riznykh typakh biotopiv rehionalnoho landshaftnoho parku «Seimskyi». [Participation of invasive plant species in different types of biotopes of the Regional landscape park «Seimskiy»]. Klasyfikatsiia roslynnosti ta biotopiv Ukrainy: materialy chetvertoi naukovo-teoretychnoi konferentsii (Kyiv, 25–26 bereznia 2020 r.). Kyiv, 106–115 (in Ukrainian).
30. Miskova, O. V. (2021). Znakhidky vydiv adventyvnykh roslyn u pivnichnii chastyni Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. [Finds of alien plants in the northern part of the Left-bank Forest-Steppe of Ukraine]. Biological systems, 13(2), 205–209 doi: 10.31861/biosystems2021.02.205 (in Ukrainian).
31. Mosyakin, S. L, Fedoronchuk, M. M. (1999). Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist. Kiev: M.G. Kholodny Institute of Botany.
32. Mosyakin, S. L. (2013). Rodyny i poriadky kvitkovykh roslyn flory Ukrainy: Prahmatychna klasyfikatsiia ta polozhennia u filohenetychnii systemi [Families and orders of Angiosperms of the flora of Ukraine: A pragmatic classification and placement in the phylogenetic system]. Ukrainian Botanical Journal, 70 (3), 289–307 (in Ukrainian).
33. Myers, N. (2003). Biodiversity hotspots revisited. BioScience, 53, 916–917. doi: 10.1641/0006-3568(2003)053[0916:BHR]2.0.CO;2
34. Nic Lughadha, E., Govaerts, R., Belyaeva, I., Black, N., Lindon, H., Allkin, R., Nicolson, N. (2016). Counting Counts: Revised estimates of numbers of accepted species of flowering plants, seed plants, vascular plants and land plants with a review of other recent estimates. Phytotaxa, 272(1), 82–88. doi: 10.11646/phytotaxa.272.1.5
35. Onyshchenko, V. A., & Andriienko, T. L. (2012). Fitoriznomanittia zapovidnykiv i natsionalnykh pryrodnykh parkiv Ukrainy. Natsionalni pryrodni parky. Ch. 1. [Phytodiversity of reserves and national natural parks of Ukraine. Part 1. Biosphere Reserves. Nature reserves]. K. Fitosotsiotsentr, 406 (in Ukrainian).
36. Onyshchenko, V. A., & Andriienko, T. L. (2012). Fitoriznomanittia zapovidnykiv i natsionalnykh pryrodnykh parkiv Ukrainy. Natsionalni pryrodni parky. Ch. 2. [Phytodiversity of reserves and national natural parks of Ukraine. Part 2. Biosphere Reserves. Nature reserves]. K. Fitosotsiotsentr, 579 (in Ukrainian).
37. Pimm, S. L., Jenkins, C. N., Abell, R., Brooks, T. M., Gittleman, J. L., Joppa, L. N. & Sexton, J. O. (2014). The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. Science, 344(6187), doi: 10.1126/science.1246752

38. Popovych, S. Yu., Savoskina, A. M., Ustymenko, P. M., Sherstiuk, M. Yu. & Dzyba, A. A. (2017). Dendrosozolohichnyi kataloh pryrodno-zapovidnoho fondu Ukrainskoho Polissia: monohrafiia. [The dendrosozological the catalogue of natural reserved fund of Ukrainian Polissya]. Komprynt, Kyiv, 466 (in Ukrainian).
39. Protopopova, V. V. (1991). Sinantropnaya flora Ukrainy i puti ee razvitiya [Ukraine synanthropic flora and ways of its development]. K. Naukova dumka, 204 (in Russian).
40. Raunkiaer, C. (1905) Types biologiques pour la géographie botanique. Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Forhandlinger, 5, 347–438.
41. Shmidt, V. M. (1984). Matematicheskie metodyi v botanike [Mathematical methods in Botany]. Leningrad University, Leningrad, 288 (in Russian).
42. Skliar, V. H., & Skliar, Yu. L. (2013). Rozbudova strukturnykh elementiv ekomerezhi Poliskoi chastyny Sumskoi oblasti: aktualni pytannia ta praktychni pidkhody.[Development of structural elements of the eco-network of the Polish part of the Sumy region: topical issues and practical approaches]. Экосystemы, ykh optymyzatsyia y okhrana. 8 (27), 173–182 (in Ukrainian).
43. Skliar, V. H., Skliar, Yu. L., Gudakov, O. O. & Tykhonova, O. M. (2012). Harakterystyka pryrodnyh kompleksiv Get'mans'kogo nacional'nogo pryrodnogo parku [Characteristics of natural systems of the Getmanski National Nature Park]. Bulletin of Sumy National Agrarian University. Series: «Agronomy and Biology», 2(23), 13–17 (in Ukrainian).
44. Skliar, V., Kyrylchuk, K., Tykhonova, O., Bondarieva, L., Zhatova, H., Klymenko, A., Bashtovyi, M. & Zubtsova, I. (2020). Ontogenetic structure of populations of forest-forming species of the Left-Bank Polissia of Ukraine. Baltic Forestry 26(1), doi: 10.46490/BF441
45. Skliar, V.H., & Skliar, Yu.L. (2014). Stvorennia novykh terytorii pryrodno-zapovidnoho fondu yak vazhlyvyi skladnyk rozbudovy strukturnykh elementiv ekomerezhi poliskoi chastyny Sumskoi oblasti. [The creation of new territories of the nature reserve fund as an important component of the development of the structural elements of the eco-network of the Polish part of the Sumy region]. Lesia Ukrainka Eastern European National University Scientific Bulletin Series: Biological Sciences, 13(290), 61–66 (in Ukrainian).
46. Skliar, V.H., Bondarieva, L.M., Kyrylchuk, K.S., Yemets, O.M., Bashtovyi, M.H. & Tebenko, Yu.M (2021). Bioriznomanittia balkovoi systemy s. Tereshkivka Sumskoho raionu yak perspektyvnoi pryrodookhoronnoi ta rekreatsiinoi terytorii. [Biodiversity of the balk system of Tereshkivka village (Sumy district) as a perspective environmental and recreational territory]. Bulletin of Sumy National Agrarian University. Series: «Agronomy and Biology», 2(44), 58–65 doi: 10.32845/agrobio.2021.2.8 (in Ukrainian).
47. Skliar, V.H., Skliar, Yu.L., Bashtovyi, M.H., Lytovka, V.V., Yemets, O.M., Sherstiuk, M.Iu., Yaroshenko, N.P. & Hovenko, Ya.S. (2020). Bioriznomanittia proponovanoho zakaznyka «Pshinchyne». [Biodiversity of the proposed reserve «Pshinchyne»]. Bulletin of Sumy National Agrarian University. Series: «Agronomy and Biology», 3 (41), 41–48 doi: 10.32845/agrobio.2020.3.5 (in Ukrainian).
48. Söderström, L., Hagborg, A., Konrat, M., Bartholomew-Began, S., Bell, D., Briscoe, L.,Cooper, E. D. (2016). World checklist of hornworts and liverworts. PhytoKeys, 59, 1–828. doi: 10.3897/phytokeys.59.6261
49. The Plant List. (2020). Access mode: https://www.theplantlist.org/tpl1.1/record/kew
50. The Euro+Med PlantBase. Access mode: http://ww2.bgbm.org/EuroPlusMed/query.asp
51. Yemets, O. M. (2019). Zustrich z khokhuleiu zvychainoiu (*Desmana moschata* L.) na terytorii RLP «Seimskyi» [Meeting with *Desmana moschata* on the territory of the Seimsky RLP]. Ssavtsi na mapi Ukrainy. Materialy Pershoi Ukrainskoi konferentsii z kartuvannia ssavtsiv. Kyiv, Kyivskyi zoopark 28–29 bereznia 2019 r. Pid red. M.Iu. Rusina, M.A. Hkhazali, Kyiv, 57 (in Ukrainian).
52. Yemets, O. M., Demenko, V. M., Burdulaniuk, A. O., Rozhkova, T. O., & Tatarynova, V. I. (2022). Khokhulia zvychaina (*Desmana moschata* L.) – reliktovyi komakhoid rehionalnoho landshaftnoho parku «Seimskyi». [Russian desman (*Desmana Moschata* L.) – relic insectivorous in regional landscape park «Seimsky»]. Bulletin of Sumy National Agrarian University. Series: «Agronomy and Biology», 47(1), 48–57 doi: 10.32845/agrobio.2022.1.7 (in Ukrainian).
53. Yemets, O.M., Vlasenko, V. A., Demenko, V. M., Tatarynova, V. I., Rozhkova, T.O., Burdulaniuk, A.O., Bakumenko, O. M., Osmachko, O. V. & ShcherbynaYu. M. (2020). Seymska population of russian desman (*Desmana moschata* L.) in north-easten part of Ukraine: A history of formation and current state. Indian journal of Ecology 47 (4), 1077–1083.
54. Zaveruha, B. V. (1985). Flora Volyino-Podolii i ee genesis. [Flora of Volyn-Podolia and its genesis]. K. Naukova dumka, 192 (in Russian).
55. Zubtsova, I. V. & Skliar, Yu. L. (2017). Struktura flory deiakykh hrup roslyn rehionalnoho landshaftnoho parku «Seimskyi». [The structure of the flora of some groups of plants of the regional landscape park «Seymskyi»]. Lesia Ukrainka Eastern European National University Scientific Bulletin Series: Biological Sciences, 13 (362), 39–44 (in Ukrainian).
56. Zubtsova, I., Kuzmenko, M. & Kubrakova, Yu. (2020). Otsinka stanu populiatsii deiakykh vydiv likarskykh roslyn RLP «Seimskyi». [Assessment of the state of populations of some species of medicinal plants of the RLP «Seimsky»]. Abstracts of XII International Scientific and Practical Conference «Advancing in research and education» December 07-10, 2020. La Rochelle, France, 64–67 doi: 10.46299/ISG.2020.II.XII. (in Ukrainian).

Zubtsova I. V., *PhD (Biological Sciences), Associates Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine*
Miskova O. V., *PhD student, M. G. Kholodny Institute of Botany, Kyiv, Ukraine*
Klymenko H. O., *PhD (Biological Sciences), Associates Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine*

Structural analysis of the meadow flora of the regional Landscape park "Seymskiy"

The article presents the results of research into the systematic, geographic, biomorphological, ecological, and ecological-cenotic structure of the flora of the regional landscape park «Seymskiy». The studied meadow flora consists of 436 species

of higher vascular plants belonging to 235 genera and 35 families. The first place in the range of meadow flora families belongs to the Asteraceae (15.0%). The Poaceae (12.0%) and Fabaceae (10,7%) are in the second and third places, respectively.

As a result of studies of the geographical structure of the meadow flora, it was established that a significant proportion of species are distributed within the Temperate-Submeridional – 103 species (23.6%), which is a reflection of the characteristic zonal features of the studied region. The first place is occupied by species from the European-Asian group (33.0%).

In the course of research into the biomorphological structure of the meadow flora of the RLP «Seymskiy», it was established that herbaceous perennials, represented by 302 species, make up 69% of the total number of species. These representatives are the main ones in the formation of grass stands, they make up the floristic core of the meadow flora of the park.

According to the classification by type of vegetation, among the meadow flora of the RLP «Seymskiy», the vast majority of summer-green species (332). These are herbaceous species that form meadow pastures and hayfields.

The analysis of the meadow flora of the RLP «Seymskiy» using Raunkier's classification showed that hemicryptophytes are the most represented – 74.2%. In general, the dominance of hemicryptophytes in the meadow flora is characteristic not only for the flora of the RLP «Seymskiy», but also for a number of other regions.

The results of the meadow flora analysis based on the relationship of plants to light, moisture, and soil showed a significant predominance of heliophytes of 319 species (73.2%), relative to hygromorphs, while the ecological group of mesophytes prevails in the study area – 160 species (36.7%), relative to hygromorphs. tropomorph – the dominant group of mesotrophs – 245 species (56.2%).

Meadow species of flora of the RLP «Seymskiy» turned out to be quite diverse in terms of the representation of plants of different life strategies according to J. Grim. Most of the species belong to ruderal (R) (11.0%), competitive-stress-tolerant (CS) (10.5%) and competitive-ruderal (CR) (10.3%) plant species.

Depending on the ecological and coenotic affiliation of the studied species to the main types of vegetation, we distinguished five florocenotypes. The largest number of species belongs to the florocenotype of meadow flora – 195 species (44.7). The florocenotype of synanthropic vegetation includes 44 species, which is 10.0% of the total number of species, but this allows us to speak of an increase in anthropogenic factors in the research region.

According to the results of a comparison of the species richness of the regional landscape park «Seymskyi» with the floristic indicators of some other regional parks of Ukraine, it is indicated that the quantitative indicators of the studied park are not inferior, and in some cases even exceed the similar values of other RLPs. The closest to the data obtained by us are the characteristics of the meadow flora of the RLP «Hadyatskyi», the RLP «Dykansky» and the RLP «Kremenchutskii Plavni».

Key words: *regional landscape park «Seymskiy», flora, systematic structure, floristic richness, geographical analysis of flora, range, chorology, biomorphology, ecological structure of flora, life forms, coenoelement, florocenotype.*

УДК 069.5:58:[57.017.3(477.46)]

ІСТОРИЧНА ГЕРБАРНА КОЛЕКЦІЯ В. С. ГОРЯЧЕВОЇ У ФОНДІ ГЕРБАРІЮ УМАНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ САДІВНИЦТВА (UM)

Мамчур Тетяна Василівна
кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Уманський національний університет садівництва, м. Умань, Україна
ORCID: 0000-0001-9320-814X
mamchur-tv@ukr.net

У статті наведено перелік гербарних зборів рослин асистентки кафедри ботаніки В. С. Горячевої, які зберігаються в історичній науковій частині гербарію Уманського національного університету садівництва (UM). Гербарій колектором зібрано у 1950–1960 рр. в дендропарку «Софіївка». Автор дослідила трав'янисту флори парку, дендрофлору з урахуванням екзотичної на той час, яка становила понад 250 видів для південно-західної Лісостепової частини України, зокрема Ginkgo biloba, Liriodendron tulipifera, Taxodium distichum. Проаналізовано таксономічну приналежність 62 гербарних зразків за сучасною ботанічною номенклатурою, які включають 51 вид, 40 родів, 19 родин, з них відділу Gymnosperms – 1, Angiosperms – 18. За опрацьованими рукописними гербарними етикетками нам вдалося ідентифікувати авторський підпис В. С. Горячевої, який звірено з архівними матеріалами особової справи, музейної кімнати університету. Вона відмічала латинські назви родів та видів, дату збору та місцезнаходження рослин. Метою статті було насамперед подати повний перелік гербарних зразків В. С. Горячевої, оприлюднити віднайдену іменну колекцію для наукової спільноти з вивчення таксонів даного регіону, ведення інтродукції рослин у парку «Софіївка». Опрацьовані маловідомі історичні колекції гербарію (UM) дозволили виділити окремі одиниці зберігання ряду раритетних зборів відомих ботаніків, природодослідників М. Турчанінова, В. Черняєва, Ю. Ланцького, Й. Пачоського, L. Rabenhorst та інших вчених-ботаніків університету, а також студентів, що набули історичної цінності. Створено первинний електронний каталог колекторів гербарію, анотований перелік таксонів колекцій, оприлюднено в наукових доробках, монографіях, зареєстровано у 2016 році в міжнародній базі Index Herbariorum (New York) з ідентифікатором (акронім) – UM. Фонди гербарію (UM) щорічно поповнюються новими надходженнями гербарних зборів видів рослин Черкаської та суміжних областей, формуються спеціалізовані гербарії з лікарських, ефірно-олійних, лісових, декоративних та інших груп корисних рослин викладачами ботаніки під час експедиційних виїздів, аспірантами, студентами навчального закладу. Нові матеріали судинних рослин проходять інсерування, дублети передано в гербарні установи (UPU), (SOF). Вважаємо, що гербарій (UM) заслуговує на введення його до переліку «Гербарії України. Index Herbariorum» та мати користь для ботанічних досліджень науковій спільноті – ботанікам, дендрологам, екологам.

Ключові слова: *гербарій, іменна колекція, В. С. Горячева, гербарні зразки, дендрологічний парк «Софіївка».*

DOI https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.4.7

Вступ. У фондах гербаріїв України зберігаються «іменні колекції» або «меморіальні колекції», які зібрані та визначені одним і тим же колектором в межах певної установи, що є цінними надбаннями та потребують ретельного збереження (Chopyk & M'yakushko, 1999; Krytska et al., 2002; Shyyan, 2014; Vasser & Krytska, 1999). Серед ботанічних установ України іменні гербарні колекції зберігаються в гербаріях: Інститут ботаніки імені М. Г. Холодного (KW), м. Київ (Shyyan & Karpyuk, 2016); Національного університету імені Івана Франка (LW), м. Львів (Tasyenkevych et al, 2014); Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна (CWU) (Dohadina & Hamulya, 2011; Hamulya, 2015); Одеського національного університету імені Мечникова (MSUD), (Skarby …, 2013, 2014, 2016, 2017; Vasylyeva et al., 2018); Ботанічного саду імені академіка О. В. Фоміна Київського національного університету імені Тараса Шевченка (KWHU) (Perehrym & Solomakha, 2008); Херсонського обласного краєзнавчого музею (KHEM) (Deryuzhyna, 2011); Ужгородського національного університету (UU) (Myhal et al., 2021); Запорізького національного університету (ZAU) (Herbariy…, 2002) та ін. (Herbarii…, 2011). Серед численних зборів науковців установ опрацьовані матеріали також виявлені й дарунки природодослідників (KW) (Shyyan, 2018).

Гербарій Уманського національного університету садівництва (UM) було започатковано ще у часи заснування Головного училища садівництва 1844 року в м. Одеса а з переїздом закладу до м. Умань (1859 р.) продовжив своє існування та формувався цілеспрямовано під час опанування учнями дисципліни «ботаніка, декоративна дендрологія та лісівництво», з вивченням інтродукованої та місцевої флори (Istorychne…, 2019; Mamchur et al., 2017a, 2017b; Mamchur & Parubok, 2019).

Історичні колекції гербарного фонду розподілено на три складові частини: історична, наукова та навчальна, що налічує 27712 гербарних зразків (г.з.). Серед історичної частини гербарію (UM) виокремлено одиниці зберігання ряду зборів відомих ботаніків, природодослідників L. Rabenhorst, М. Турчанінова, В. Черняєва, Ю. Ланцького, Й. Пачоського (Shyyan, 2014; Chorna & Mamchur, 2018; Chorna & Mamchur, 2021; Mamchur & 2020; Mamchur, 2022f; Mamchur & Chorna, 2022).

Наукова частина містить іменні колекції викладачів ботаніки – І. І. Білоуса, О. С. Бондаря, В. С. Горячевої

(рис. 1), В. А. Гаврилюка, Н. І. Кутової й інші, що є цінним раритетом навчального закладу (Chorna et al., 2018; Mamchur, 2022a, b, c, d, e). У 2016 р. гербарій зареєстровано в міжнародній базі даних Index Herbarium (New York) з ідентифікатором (акронім) – UM (Mamchur et al., 2017).

Віра Спиридонівна Горячева (рис. 1) працювала в навчальному закладі з 1936 року асистентом кафедри ботаніки. Свій ботанічний досвід роботи вона перейняла у професорів тієї ж кафедри І. Й. Онищенко та згодом з 1940 р. С. К. Руденко кафедри рослинництва працюючи пліч-о-пліч. Разом з ними вона брала участь у реорганізації ботанічного розсадника кафедри, де було збережено колекцію насіння сільськогосподарських рослин понад 500 видів, зразки систематичних рослин, що забезпечило роботу навчального закладу у післявоєнний період.

Рис. 1. Віра Спиридонівна Горячева

Наукові інтереси В. С. Горячевої були спрямовані на вивчення культури конопель, анатомічні та морфологічні особливості сортів та гібридів кукурудзи та інших злакових культур у зв'язку з проблемою боротьби з посухою, а надалі вивченням трав'янистої флори парку-заповідника «Софіївка», які підтверджені гербарієм збереженим до нині (Goryacheva, 1960). Наукового ступеня В. С. Горячева так і не здобула.

Слід зазначити, за архівними матеріалами музейної кімнати університету, що асистент В. С. Горячева та співробітники бібліотеки у часи війни зберегли цінні матеріали стародруків книг, частину гербарію, замурувавши в підвальному приміщенні глухої стіни корпусу бібліотеки, аж до деокупації міста Умань. Основну кількість гербарних зразків на той час ніде не задокументовано, тому вважаємо, що його певна кількість була набагато більша та якась із частин була втрачена (Mamchur et al., 2017b; Mamchur, 2022d).

Матеріали і методи досліджень. Використано архівні документи музейної кімнати університету кафедри ботаніки, особову справу В. С. Горячевої архіву університету (Mamchur et al., 2017b). У фондах гербарію (UM) за опрацьованими гербарними етикетками створено каталог зібраних рослин, ідентифіковано рукописний підпис автора гербарію (рис. 2).

Метою статті було насамперед подати повний перелік гербарних зразків В. С. Горячевої у науковій частині гербарію (UM), оприлюднити віднайдену іменну колекцію, котра була об'єктом дослідження, для наукової спільноти. Загалом опрацьовано 62 гербарні аркуші. Ці збори у гербарії UM розташовані за системою А. Л. Тахтаджяна (Takhtajan, 2009). За матеріалами дослідження складено каталог колекції. Для зручності ознайомлення досліджений список таксонів наведений в межах великих систематичних підрозділів судинних рослин у алфавітному порядку. У тексті в квадратних дужках наведено українізовані відомості рукописних гербарних етикеток, які включають латинські назви родів та видів, коротку характеристику місця і дати збору. Оригінальні записи подані російською мовою, яка використовувалася в державних закладах того часу. Більшість етикеток являють собою Notae critica куратора гербарію Т. О. Кравець, яка зробила інвентаризацію в 2013 році. Більшість рукописних етикеток, вкладених власне В. С. Горячевою, нині відсутні. Таксономічну приналежність звірено за сучасною ботанічною номенклатурою (https://www.gbif.org/uk/, https://powo.science.kew.org/).

Представлені матеріали репрезентують спонтанну та культурну флори м. Умані та можуть викликати зацікавленість у фахівців-флористів, працівників інтродукційних установ.

Результати. Гербарні зразки В. С. Горячевої зібрані нею під час власних флористичних досліджень у парку-заповіднику «Софіївка» (нині Національний дендропарк «Софіївка» НАНУ). Дикорослі та інтродуковані рослини (62 г.з.) були зібрані у різних частинах парку: «Англійський парк», «Верхній став», «Грибок», «Дубинка», «Женевське озеро», «Тераса муз» та ін., що зустрічається в публікаціях та вказано колекторкою на гербарних етикетках (Kosenko et al., 1996; (Dendrolohiya…, 2005). Підсумки вивчення флористичного складу дикорослих трав'яних рослин парку «Софіївка» Віра Спиридонівна висвітлила у власній публікації (Goryacheva, 1960). Ця робота великою мірою доповнює більш ніж віковий період дослідження спонтанної флори Парку, розпочатий видатним природодослідником Й. К. Пачоським у часи його навчання в Уманському училищі садівництва (Pachoskiy, 1887; Chorna & Mamchur, 2018; Chorna & Mamchur, 2021).

В наш час матеріали В. С. Горячевої виявилися надзвичайно цінними в ході узагальнення та аналізу відомостей про флору дендропарку «Софіївка» (Kyzemko et al., 2011), її моніторингу (Chorna et al., 2021), а також в контексті вивчення регіональної флори Середнього Придніпров'я. Нижче наведено перелік рослин іменної колекції гербарію В. С. Горячевої.

DIVISIO PINOPHYTA

***Juniperus communis* L.**

UM[1] (7136)[2] Notae criticae. Cupressaceae. Кипарисові. *Juniperus communis*. Ялівець звичайний. Умань парк. IV-V 1956 р. Горячева. – Det. Кравець Т. О., 2013 р.[3]

1 Ідентифікатор (акронім)
2 Інвентарний номер.
3 Гербарна етикетка з відміткою «Notae criticae» куратора гербарію Т. О. Кравець під час інвентаризації в 2013 р.

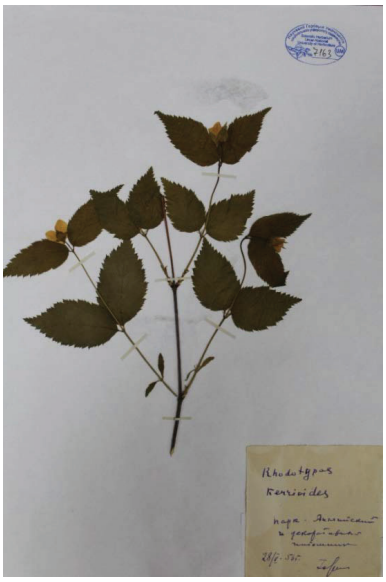


Рис. 2. Гербарні зразки: *Agrostemme githago* **L.,** *Rhodotypos scandens* **(Thunb.) Makino, авторський підпис В. С. Горячевої**

DIVISIO MAGNOLIOPHYTA

Monocots

***Anthericum ramosum* L.**

UM (7194) [*Anthericum ramosum*. Зустрічається на «Дубинці» і «Грибку» біля «Женевського озера» (було багато, зараз рідко). 4/VI 1955 р.][4]. – Notae criticae. *A. r.* L. Віхолка гілляста. Умань. «Софіївка». – Det. Кравець Т. О., 2013 р.

***Scilla siberica* Andrews**

UM (7195) [Liliaceae. (*Scilla cernua* Red.)[5]. Проліска сибірська. Зустрічається дуже рідко і то періодично на Південно-Східному схилі «Дубинці» за другою алеєю навпроти «Павільйону флори» з 14/IV до 28/V 1954 р.]. – Notae criticae. Горячева В. С. Парк «Софіївка». – Det. Кравець Т. О., 2013 р.

Eudicots

***Agrostemma githago* L.**

UM (7141) [(*Agrostemma githago*). 26/VIII. 54 р. **Горячева**][6]

***Argentina anserina* (L.) Rydb.**

UM (7157) [(*Potentilla anserina*). Беріг р. Кам'янка. «Єлісейські поля» і біля «Верхнього ставка» – багато. 28/V-56 р. **Горячева**]

***Asperula supina* M.Bieb.**

UM (7181) [(*Asperula praepilosa* V.Krecz. ex Klok.). Маренка волосиста. *Cynanchica* L. Грибок. 7/VII-56]. – Notae critacea. *Asperula praepilosa* V.Krecz. ex Klok. Маренка волосиста. Умань. «Софіївка». «Грибок». IV-V. Горячева В. – Det. Кравець Т. О., 2013 р.

***Asperula tinctoria* L.**

UM (7182) Notae criticae. *Asperula tinctoria* L. *Galium tinctoria* (L.) Scop. Підмареник красильний. Ліс «Кругляк», с. Родниківка. 11/VI 1958 р. – Det. Кравець Т. О., 2013 р.

4 Інформативна рукописна етикетка колекторки В. С. Горячевої подана у квадратних дужках

5 Синонімічна назва подана в круглих дужках

6 Авторський підпис В. С. Горячевої

***Asperula tinctoria* L.**

UM (7183) Notae criticae. *Asperula tinctoria* L. *Galium tinctoria* (L.) Scop. Підмареник красильний. Ліс «Кругляк», с. Родниківка. 11/VI 1958 р. – Det. Кравець Т. О., 2013 р.

***Aster alpinus* L.**

UM (7191) Notae criticae. *Aster alpinus* L. Айстра альпійська. Умань, парк «Софіївка». V-VI 1954. Горячева В. С. – Det. Кравець Т. О., 2013 р.

***Astragalus* sp.**

UM (7176) [*Astragalus*. 04.VIII 62. **Горячева**]

***Campanula latifolia* L.**

UM (7189) Notae criticeae. Дзвоникові. Campanulaceae. *Campanula latifolia* L. Дзвоники широколисті. 1954 р. Горячева В. – Det. Кравець Т. О., 2013 р.

***Campanula rapunculus* L.**[7]

UM (7190) Notae criticeae. *Campanula latifolia* L. Дзвоники широколисті. Парк «Софіївка». IV-V 1957. Горячева В. – Det. Кравець Т. О., 2013 р. – Notae criticeae. *Campanula rapunculus* L. – Det. Мамчур Т. В., 2016 р.]

***Campsis radicans* (L.) Bureau**

UM (7184) [(*Tecoma padicans*). Дендрологічний розсадник. 1957 р. **Горячева**]. – Notae criticae. *Campsis radicans* (R.) Seem. (*Tecoma padicans* Juss.). Кампсис повзучий. Умань. «Софіївка». Горячева В. 1957 р. – Det. Кравець Т. О., 2013 р.

***Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach**

UM (7148) [*Chaenomeles japonica*. «Кавказька гірка» – мало. Травень. 1956 р. **Горячова**]

***Cotoneaster acutifolius* Turcz.**

UM (7149) [(*Cotoneaster lucidum*). «Дубинка» – дендрологічний розсадник. 15/VII 56 р. **Горячева**]

***Crataegus holmesiana* Ashe**

UM (7150) [(*Crataegus arnoldiana*). Дендрологічний розсадник парку. **Горячева**]

7 Notae criticeae. *Campanula rapunculus* L. Det. Мамчур Т. В., 2016 р.

***Crataegus crus-galli* L.**

UM (7151) [*Crataegus crus-galli*. Дендрологічний розсадник парку. **Горячева**]

***Crataegus meyeri* Pojark.**

UM (7152) Notae criticae. (*Crataegus ucrainica* Pojark.). Глід український. «Софіївка». Умань. IV-V 1957 р. Горячева В. – Det. Кравець Т. О., 2013 р.

***Fagus sylvatica* L.**

UM (7138) [(*Fagus sylvatica* v. rotundifolia). Бук круглолистий. «Англійський парк». «Софіївка». Умань. 1960 г. **Горячева**]. – Notae criticae. *F. s.* Lipsky. – Det. Кравець Т. О., 2013 р.]

***Filipendula vulgaris* Moench**

UM (7153) [(*Filipendula hexapetala*). «Грибок» – схил біля «Женевського озера». sp. 30/V-56 р. **Горячева.**]. **–** Notae criticae. *F. h.* Gilib. – Det. Кравець Т. О., 2013 р.]

***Fontanesia fortunei* Carrière**

UM (7178) [Oleaceae. *Fontanesia Fortunei*. Фонтанезія Форчуна. Умань. «Софіївка». «Англійський парк». 2/VI-58 р. **Горячева**]

Fragaria vesca L.

UM (7154) [(*Fragaria elatior*). «Грибок». «Дубинка». Схили кущами. 15/V-56 р. **Горячева**]

***Fragaria vesca* L.**

UM (7155) [*Fragaria vesca*. «Грибок». «Дубинка». «Тераса муз». Схили. Багато. 30/V-56 р. **Горячева**]

***Fumaria officinalis* L.**

UM (7137) [*Fumaria officinalis*]. – Notae criticae. Fumariaceae. *Fumaria vaillantii* Lois. Рутка Вайяна. Умань, парк «Софіївка» 15. IV 1954 р. Горячева В. С. – Det. Кравець Т. О., 2013 р.

Gypsophila paniculata var. paniculata

UM (7143) [(*Gypsophila paniculata*). Лещиця волотиста. **Горячева**]

***Iberis saxatilis* L.**

UM (7144) Notae criticae. *Iberis saxatilis* L. Іберійка скельна. Умань. «Софіївка». «Грибок». VII 1957 р. Горячева В. – Det. Кравець Т. О., 2013 р.

***Ligustrum vulgare* L.**

UM (7179) [*Ligustrum vulgare*. Бирючина звичайна. **Горячева**]. – Notae criticae. *L. v.* L. Горячева. Det. Кравець Т. О., 2013 р.

***Melampyrum cristatum* L.**

UM (7185) Notae criticae. Scrophulariaceae. *Melampyrum cristatum* L. Перестріч гребінчастий. Умань. 1954 р. Горячева. – Det. Кравець Т. О., 2013 р.

***Mercurialis annua* L.**

UM (7146) [*Mercurialis annua*. Переліска однорічна. «Нова Умань». 26/VIII-54 р. **Горячева**]

***Quercus macranthera* Fisch. & C.A.Mey. ex Hohen.**

UM (7139) Notae criticae. Fagaceae. *Quercus macranthera* Fisch. et Mey. Дуб великопиляковий. Умань парк. 1960 р. Горячева. – Det. Кравець Т. О., 2013 р.

***Quercus robur* L.**

UM (7140) Notae criticae. Fagaceae. (*Quercus robur* (*redunculata*) Ehort.). Дуб звичайний. Умань, парк. 1960 р. Горячева. – Det. Кравець Т. О., 2013 р.

Gypsophila paniculata var. paniculata

UM (7143) [(*Gypsophila paniculata*). Лещиця волотиста. **Горячева**]

***Padus virginiana* L.**

UM (7156) [*Padus virginiana*. «Англійський парк», мало. Травень 1956 р. **Горячева**]

***Pentanema britannica* (L.) D.Gut.Larr., Santos-Vicente, Anderb., E.Rico & M.M.Mart.Ort.**

UM (7192) Notae criticae. Айстрові. Asteraceae. *Inula britannica* L. Оман британський. Умань, «Софіївка». «Англійський парк». 25/VII 1958 р. Горячева В. – Det. Кравець Т. О., 2013 р.

***Pentanema britannica* (L.) D.Gut.Larr., Santos-Vicente, Anderb., E.Rico & M.M.Mart.Ort.**

UM (7193) Notae criticae. Айстрові. Asteraceae. *Inula britannica* L. Оман британський. Умань. «Софіївка». «Англійський парк». 25/VII 1958 р. Горячева В. – Det. Кравець Т. О., 2013 р.

***Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim.**

UM (7171) [(*Spiraea opulifolia*). Дендрологічний розсадник. «Софіївка». **Горячева**]

***Potentilla argentea* L.**

UM (7160) [*Potentilla argentea*. «Грибок», «Дубинка», «Кавказька гірка», «Тераса муз» – багато на сухих схилах. Травень. 1954 р. **Горячева**]

***Potentilla incana* G.Gaertn., B.Mey. & Scherb.**

UM (7158) Notae criticae. (*Potentilla arenaria* Borkh.). Перстач пісковий. Умань. «Софіївка». «Грибок». VII 1956 р. Горячева. – Det. Кравець Т. О., 2013 р.

***Potentilla incana* G.Gaertn., B.Mey. & Scherb.**

UM (7159) Notae criticae. (*Potentilla arenaria* Borkh.). Перстач пісковий. Умань. «Софіївка». «Грибок». VII 1956 р. Горячева В. – Det. Кравець Т. О., 2013 р.

***Potentilla intermedia* L.**

UM (7161) Notae criticae. Перстач середній. – Det. Мамчур Т. В., 2016 р.

***Potentilla reptans* L.**

UM (7167) [*Potentilla reptans*. «Грибок», рідко. **Горячева**]. – Notae criticae. Rosaceae. *Potentilla reptans* L. Перстач повзучий. Умань. «Софіївка». «Грибок». IV-V 1958 р. Горячева В. – Det. Кравець Т. О., 2013 р.

***Prunus avium* (L.) L.**

UM (7162) [*Prunus avium*. «Дубинка», рідко]. – Notae criticae. Горячева. – Det. Кравець Т. О., 2013 р.

***Prunus cerasus* L.**

UM (7147) [(*Cerasus vulgaris* v. fl. pleno). Дендрологічний розсадник. Травень. 1956 р. **Горячева**]

***Rhinanthus alectorolophus* (Scop.) Pollich**

UM (7186) Notae criticae. Scrophulariaceae. Ранникові. *Rhinanthus alectorolophus* (Scop.) Pollich. Дзвінець великий. Умань. 1952 р. Горячева. – Det. Кравець Т.О., 2013 р.

***Rhodotypos scandens* (Thunb.) Makino**

UM (7163) [(*Rhodotypos kerrioides*). «Англійський парк». Декоративний розсадник. 28/V-56 р. **Горячева**]

***Silene baccifera* (L.) Durande**

UM (7142) [(*Cucubalus baccifer*). Смілка ягідна. Біля «Женевського озера». Червень. 1963 р. **Горячева**]

***Sorbaria sorbifolia* (L.) A.Braun**

UM (7172) Notae criticae. Rosaceae. *Spiraea sorbifolia* (L.) A.Br. Таволга горобинолиста. Умань, парк. V-VI 1954 р. Горячева В. С. – Det. Кравець Т. О., 2013 р.

***Sorbaria sorbifolia* (L.) A.Braun**

UM (7173) Notae criticae. Rosaceae. *Spiraea sorbifolia* (L.) A.Br. Таволга горобинолиста. Умань, парк. V-VI 1954 р. Горячева В. С. – Det. Кравець Т. О., 2013 р.

***Sorbaria sorbifolia* (L.) A.Braun**

UM (7174) Notae criticae. Rosaceae. *Spiraea sorbifolia* (L.) A.Br. Таволга горобинолиста. Умань, парк. V-VI 1954 р. Горячева В. С. – Det. Кравець Т. О., 2013 р.]

***Sorbus aucuparia* L.**

UM (7164) [*Sorbus aucuparia*. «Англійський парк» – багато. 25/V-56 р. **Горячева**]

***Spiraea cana* Waldst. & Kit.**

UM (7166) [*Spiraea cana*. Дендрологічний розсадник. Травень. 1956 р. **Горячева**]

***Spiraea hypericifolia* L.**

UM (7168) Notae criticae. Rosaceae. *Spiraea hypericifolia* L. Таволга звіробоєлиста. Умань, парк «Софіївка». 5.VI 1957 р. Горячева. –Det. Кравець Т. О., 2013 р.

***Spiraea hypericifolia* L.**

UM (7169) Notae criticae. Rosaceae. *Spiraea hypericifolia* L. Таволга звіробоєлиста. Умань, парк «Софіївка». 5.VI 1957 р. Горячева. – Det. Кравець Т. О., 2013 р.

***Spirea japonica* L.f.**

UM (7170) [*Spiraea japonica*. «Дубинка» – дендрологічний розсадник. **Горячева**]

***Spiraea × vanhouttei* (Briot) Carrière**

UM (7175) [*Spiraea vanhouttei*. «Дубинка», дендрологічний розсадник. Травень. 1956 р. **Горячева**]

***Syringa persica* L.**

UM (7180) Notae criticae. Маслинові. Oleaceae. *Syringa percica* L. Бузок перський. Умань, парк. 25. VII 1959 р. Горячева В. – Det. Кравець Т. О., 2013 р.

***Teucrium chamaedrys* L.**

UM (7188) [*Teucrium chamaedrys*. «Грибок» – схили, в кущах. 7/VIII. **Горячева**]. – Notae criticae. Lamiaceae. *Teucrium chamaedrys* L. Самосил гайовий. Умань, «Софіївка», «Грибок». 7/VIII 1956 р. Горячева В. – Det. Кравець Т. О., 2013 р.

***Tilia americana* L.**

UM (7145) [*Tilia americana*]

***Torminalis glaberrima* (Gand.) Sennikov & Kurtto**

UM (7165) [(*Sorbus torminalis*) (берека). «Аглійський парк» – мало. «Дубинка» (бувша конюшня). Багато. Травень. 1956 р. **Горячева**]

***Verbascum lychnitis* L.**

UM (7187) [*Verbascum lychnitis*. «Грибок» – кущі. 7/VIII-56 р.]. – Notae criticae. Scrophulariaceae. *Verbascum lychnitis* L. Дивина борошниста. Умань. «Софіївка». 7/VIII 1956 р. Горячева В. – Det. Кравець Т. О., 2013 р.

***Vicia tetrasperma* (L.) Schreb.**

UM (7177) Notae criticae. Fabaceae. *Vicia tetrasperma* (L.) Moench. Вика чотиринасінна. Умань. IV-V 1956 р. Горячева В. С. – Det. Кравець Т. О., 2013 р.

***Viola cf. reichenbachiana* Jord. ex Boreau**

UM (8888) [*Viola hirta* L. Фіалка шорстка. 1. Початок квітування – 8/V. 2. Масове квітування – травень. 3. Кінець квітування – початок червня. 4. «Грибок». Між камінням. Не багато. Аспекту не дає. Умань. Сільськогосподарський інститут]. – Notae criticae. *Viola cf. reichenbachiana* Jord. ex Boreau. – Det. Шиндер О. І. 2023 р.[8]

***Viola odorata* L.**

UM (8889) [Фіалка пахуча. 1. Початок квітування – 8/V. 2. Масове квітування – травень. 3. Кінець квітування – початок червня. 4. «Грибок». Між камінням. Не багато. Аспекту не дає. Умань. Сільськогосподарський інститут]. – Notae criticae. 1957 р. Горячева В. – Det. Кравець Т. О., 2013 р.

Обговорення. Проаналізовано іменну колекцію В. С. Горячевої в гербарії (UM). Зразки були гербаризовані на території дендрологічного парку «Софіївка» упродовж 1952–1963 рр. Всього в дослідженій колекції представлено 53 види, у т.ч. 25 дикорослих та 28 інтродуцентів парку «Софіївка». Серед цих видів 1 – трав'яні, 1 – ліана, 12 – деревні, 13 – кущові. Збережений гербарій є історичним документом для майбутніх поколінь, їх науковий пошук. Колекції гербарного фонду є доступними для, аспірантів, студентів і для наукової спільноти установ України й закордону. Для більш детального опрацювання гербарний фонд потребує зацифрування та створення інтернет віртуальної бази даних, активного режиму доступу.

Висновки. Знахідки цінних історичних надбань у фондах гербарію Уманського національного університету садівництва (UM) продовжуємо опрацьовувати й оприлюднювати для наукової спільноти, яку цікавлять популяційні дослідження рослин. Виокремлена меморіальна колекція В. С. Горячевої є раритетом у царині навчального закладу. Вважаємо, що гербарій (UM) заслуговує на введення його до переліку «Гербарії України. Index Herbariorum» та матиме користь для ботанічних досліджень науковій спільноті – ботанікам, дендрологам, екологам. Гербарні збори історичних колекцій фондів гербарію (UM) є наочним матеріалом у проведенні наукових досліджень аспірантами, студентами та науковцями у даній галузі.

Бібліографічні посилання:

1. Chopyk, V. I. & M'yakushko, T. Ya. (1999). Herbariy. Herbariy. Istoriya stvorennya ta funktsionuvannya [Herbarium History of creation and operation]. Fitosotsiotsentr, Kyiv, 130 (in Ukrainian).

2. Chorna, H. A. & Mamchur, T. V. (2018). Herbarni zbory introdutsentiv, zrobleni Y. K. Pachoskym v Umanskomu Tsarytsynomu sadu (1885-1886 rr.) [Herbarium collections of introducers made by Y. K. Pachoskyi in the Uman Tsaritsyn Garden (1885-1886)]. Avtokhtonni ta introdukovani roslyny. Zbirnyk naukovykh prats NDP «Sofiivka» NANU, 14, 95–104 (in Ukrainian).

3. Chorna, H. A. & Mamchur, T. V. (2021). Rodynne kolo ta yunist Yozefa Pachoskoho: monohrafiya [Family circle and youth of Jozef Pachoski: monograph]. Vydavets «Sochinskyi M. M.», Uman, 204 (in Ukrainian)

[8] Notae criticae *Viola cf. reichenbachiana* Jord. ex Boreau. – Det. Шиндер О.І., 2023 р.

4. Chorna, H. A., Mamchur, T. V., Svystun, O. V., Denysko, I. L. & Parubok, M. I. (2018). U poshukakh shchastya: zhyttyevyi shlyakh botanika V. A. Havrylyuka v shchodennykakh, lystakh, spohadakh suchasnykiv: monohrafiya [In search of happiness: botanist V. A. Havrylyuk and his life journey in diaries, letters and memorirs of contemporaries]. Vydavnytstvo Palyvoda A. V., Kyiv, 468 (in Ukrainian)

5. Chorna, H. A., Shynder, O. I. & Kostruba, T. M. (2021). Dopovnennya do spysku vydiv spontannoi flory Natsionalnoho dendrolohichnoho parku «Sofiivka» NAN Ukrayny (m. Uman, Cherkaska obl.) [Addition to the list of species of spontaneous flora of the National Dendrological Park "Sofiyivka" (Uman)]. Chornomors'k. bot. z., 17(4), 302–315. (in Ukrainian). doi: 10.32999/ksu1990-553X/2021-17-4-1

6. Dendrolohiya Ukrainy. (2005). Dykorosli ta kultyvovani dereva i kushchi. Pokrytonasinni. Chastyna II. Dovidnyk [Dendrology of Ukraine. Wild and cultivated trees and shrubs. Angiosperms. Part II. Directory]. Za red. M. A. Kokhno ta N. M. Trofymenko. Fitosotsiotsentr, Kyiv, 716 (in Ukrainian).

7. Deryuzhyna, A. V. (2011). Herbariy Khersonskoho oblasnoho krayeznavchoho muzeyu (KHEM) [Herbarium of the Kherson Regional Museum of Local History (KHEM)]. V kn.: Herbarii Ukrainy. Index Herbarium Ucrainicum. Redaktor-ukladach k. b. n. N. M. Shyyan. Alterpres, Kyiv, 340–343 (in Ukrainian).

8. Dohadina, T. & Hamulya, Yu. (2011). Herbariy Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V.N. Karazina CWU [Herbarium of Kharkiv National University named after V.N. Karazin CWU]. V kn.: Herbarii Ukrainy. Index Herbariorum Ucrainicum / Redaktor-ukladach k.b.n. N. M. Shyyan. Alterpres, Kyiv, 299–315 (in Ukrainian).

9. Goryacheva, V. S. (1960). O dikoy travyanistoy flore parka-zapovednika «Sofievka». (1960) [About the wild grassy flora of the park-reserve "Sofievka"]. Sbornik nauchnykh trudov Umanskogo selskokhozyaystvennogo instituta. XII, 375–383 (in Russian).

10. GBIF | Global Biodiversity Information Facility. URL: https://www.gbif.org/uk/. Accessed on: 27 December 2022

11. Hamulya, Yu. H. (2015) Typifikatsiya fondiv v herbarii Kharkivskoho natsionalnoho universytetu (CWU): istorychni zrazky z rodyny Poaceae [Typification of funds in the herbarium of Kharkiv National University (CWU): historical specimens from the Poaceae family]. Vnesok naturalistiv-amatoriv u vyvchennya biolohichnoho riznomanittya (prysvyachena 200-richchyu vid dnya narodzhennya Lyudvyha Vahnera): materialy Mizhnarodnoi naukovoi konferentsii (m. Berehovo, 14–16 travnya, 2015). Berehovo, Ukraina, 190–196 (in Ukrainian).

12. Herbariy Zaporizkoho derzhavnoho universytetu: kataloh herbarnykh materialiv kafedry botaniky ta henetyky roslyn Zaporizkoho derzhavnoho universytetu (2002) [Herbarium of the Zaporizhia State University: catalog of herbarium materials of the Department of Botany and Plant Genetics of the Zaporizhia State University]. V. O. Lyakh, O.Yu. Kalinina. ZDU, Zaporizhzhya, 174 (in Ukrainian).

13. Herbarii Ukrainy (2011). Index Herbariorum Ucrainicum [Herbaria of Ukraine. Index Herbariorum Ucrainicum]. Redaktor-ukladach k.b.n. N. M. Shyyan. Kyiv, 442 (in Ukrainian).

14. Istorychne prezentatsiyne vydannya «Umanskyi natsionalnyi universytet sadivnytstva» (2019) [Historical presentation publication "Uman National University of Horticulture"]. Za red. O. O. Nepochatenko. Lohos, Kyiv, 280 (in Ukrainian).

15. Kosenko, I. S., Khraban, H. Yu., Mitin, V. V. & Harbuz, V. F. (1996) Dendrolohichnyi park Sofiivka. 200 rokiv [Sofiivka Dendrological Park. 200 years]. Vidpovidalnyi redaktor M. A. Kokhno. Naukova dumka, Kyiv, 192 (in Ukrainian).

16. Krytska, L. I., Mosyakin, S. L., Fedoronchuk, M. M., Shevera, M. V. & Drapaylo, N. M. (2002). Herbariy sudynnykh roslyn. Herbarium of vascular plants. [Herbariy sudynnykh roslyn. Herbarium of vascular plants]. U kn.: Herbariy Instytutu botaniky NAN Ukrainy. Za red. L. I. Krytskoi, S. L. Mosiakina. Kyiv, 9–30, 90–104 (in Ukrainian).

17. Kuzemko, A. A., Sydoruk, T. M., Didenko, I. P., Shvets, T. A. & Boyko, I. V. (2011). Spontanna flora Nacionalnogo dendrologichnogo parku «Sofijivka» NAN Ukrajiny [Spontaneous flora of the National Dendrological Park "Sofiyvka" of the NAS of Ukraine]. Avtohtonni ta introdukovani roslyny, 7, 25–36 (in Ukrainian).

18. Mamchur, T. V. (2022 a). Herbarna kolektsiya N. I. Kutovoi u fondakh Naukovoho herbariyu Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva (UM) [Herbarium collection of N. I. Kutova in the funds of the Scientific Herbarium of the Uman National University of Horticulture (UM)]. Materialy Vseukrainskoi naukovoi konferentsii molodykh uchenykh i naukovo-pedahohichnykh pratsivnykiv. Tezy dopovidey (m. Uman, 18 travnya 2022 r.). Uman, 197–199 (in Ukrainian).

19. Mamchur, T. V. (2022 b). Imenni kolektsii vchenykh-botanikiv u fondi Naukovoho herbariyu Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva (UM) [Named collections of botanical scientists in the fund of the Scientific Herbarium of the Uman National University of Horticulture (UM)]. Muzeyna pedahohika v umovakh voyennoho stanu: materialy Mizhnarodnoho kruhloho stolu, (Natsionalna akademiya pedahohichnykh nauk Ukrainy ta Natsionalnyi tsentr «Mala akademiya nauk Ukrainy», 26 travnya 2022 r.). Kyiv, 155–159 (in Ukrainian).

20. Mamchur, T. V. (2022c). Imenna kolektsiya herbariyu O. S. Bondara u herbarnomu fondi (UM) [Named collection of the herbarium of O. S. Bondar in the herbarium fund (UM)]. Suchasni problemy biolohii v umovakh zmin klimatu: materialy Vseukrainskoi naukovoi internet-konferentsii (m. Uman, UNUS, 22 chervnya 2022 r.). Uman, 158–162 (in Ukrainian).

21. Mamchur, T. V. (2022d). Istorychna herbarna kolektsiya V. S. Horyachevoi [Historical herbarium collection of V. S. Horyacheva]. «Istoriya osvity, nauky i tekhniky v Ukraini». Prysvyachena 180-richnytsi vid dnya narodzhennya Anastasiya Yehorovycha Zaykevycha (1842-1931), vydatnoho vitchyznyanoho vchenoho ahrobioloha svitovoho vymiru ta orhanizatora silskohospodarskoi doslidnoi spravy: materialy XVII Vseukrainskoi konferentsii molodykh uchenykh ta spetsialistiv (m. Kyiv, Natsionalna silskohospodarska biblioteka NAAN, 19–20 travnya 2022 r.). Vinnytsya, 91–93 (in Ukrainian).

22. Mamchur, T. V. (2022e). Istorychna herbarna kolektsiya V. M. Chernyayeva v herbarii Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva (UM) [Historical herbarium collection of V. M. Chernyaev in the herbarium of the Uman National University of Horticulture (UM)]. Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatyuka. Seriya: Biolohiya. 82(3), 6–12 (in Ukrainian).

23. Mamchur, T. V. (2022f). Istorychna kolektsiya I. I. Bilousa u fondi herbariyu Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva (UM) [Historical collection of I.I. Bilous in the fund of the herbarium of the Uman National University of Horticulture (UM)]. Visnyk nauky ta osvity. Seriya istoriya ta arkheolohiya. 5(5), 571–587 (in Ukrainian).
24. Mamchur, T. V. (2020). Formuvannya herbariyu vypusknyka Umanskoho uchylyshcha zemlerobstva i sadivnytstva Yuliusa Robertovycha Lantskoho v umovakh kintsya XIX storichchya [The formation of the herbarium of the graduate of the Uman School of Agriculture and Horticulture, Julius Robertovich Lantsky, in the conditions of the end of the 19th century]. V kn.: Elektronne naukove fakhove vydannya – mizhvidomchyi tematychnyi zbirnyk «Istoriya nauky i biohrafistyka». 2, 221–236 (in Ukrainian).
25. Mamchur, T. V., Karpenko, V. P. & Parubok, M. I. (2017a). Istorychnyi dendrolohichnyi herbariy Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva ta yoho vykorystannya u navchalno-naukovomu protsesi [Historical dendrological herbarium of the Uman National University of Horticulture and its use in the educational and scientific process]. Visnyk Chernivetskoho natsionalnoho universytetu. Biolohichni systemy. 9(2), 256–263 (in Ukrainian).
26. Mamchur, T. V., Karpenko, V. P., Parubok, M. I. & Svystun, O. V. (2017b). Vcheni-botaniky Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva ta yikh naukovi doslidzhennya (1844-2016): monohrafiya [Botanical scientists of the Uman National University of Horticulture and their scientific research (1844-2016): monograph]. Vydavnycho-polihrafichnyi tsentr «Vizavi», Uman, 280 (in Ukrainian)
27. Mamchur, T. V. & Parubok, M. I. (2019). Formuvannya herbariyu Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva (UM) [Formation of the herbarium of the Uman National University of Horticulture (UM)]. Naukovyi visnyk Natsionalnoho lisotekhnichnoho universytetu Ukrainy. Lviv. 29(7), 64–70, doi: 10.15421/40290713 (in Ukrainian).
28. Mamchur, T. V. & Chorna, H. A. (2022). Fondy Naukovoho herbariyu Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva (UM). Herbarna kolektsiya Yozefa Pachoskoho: monohrafiya [Funds of the Scientific Herbarium of the Uman National University of Horticulture (UM). Herbarium collection of Jozef Pachosky: monograph]. Za red. d-ra s.-h. nauk V. P. Karpenka. Vydavets «M. M. Sochynskyi», Uman, 496 (in Ukrainian).
29. Mosyakin, S. L. & Shyyan, N. M. (2021). Natsionalnyi herbariy Ukrainy (KW): 100 rokiv zberezhennya ta prymnozhennya nashoi vsesvitno znachushchoi naukovoi ta kulturnoi spadshchyny [National Herbarium of Ukraine (KW): 100 years of preserving and multiplying our internationally significant scientific and cultural heritage]. Herbarii XXI stolittya: dosyahnennya ta vyklyky, prysvyachenoi 100-richchyu vid zasnuvannya Natsionalnoho herbariyu Ukrainy (KW) – Herbariyu Instytutu botaniky imeni M. H. Kholodnoho NAN Ukrainy: materialy Mizhnarodnoi naukovoi konferentsii (m. Kyiv, Instytut botaniky im. M. H. Kholodnoho NANU, 1 zhovtnya 2021 r.). Kyiv, 6–10 (in Ukrainian).
30. Myhal, A. V., Sabadosh, V. I. & Shevera, M. V. (2021). Herbariy Uzhhorodskoho natsionalnoho universytetu (UU): imenna kolektsiya Antoniya Marhittiya [Herbarium of Uzhgorod National University (UU): named collection of Antony Margittia]. Herbariy XXI stolittya: dosyahnennya ta vyklyky, prysvyacheniy 100-richchyu vid zasnuvannya Natsionalnoho herbariyu Ukrainy (KW) – Herbariyu Instytutu botaniky imeni M. H. Kholodnoho NAN Ukrainy: materialy Mizhnarodnoi naukovoi konferentsii (m. Kyiv, Instytut botaniky im. M. H. Kholodnoho NANU, 1 zhovtnya 2021 r.). Kyiv, 123–127 (in Ukrainian)
31. Pachoskiy, Y. (1887). Ocherki flory okrestnostey g. Umani Kievskoy gubernii [Sketches of the flora of the neighborhoods of the city of Uman, Kyiv province]. Zapiski Kievskogo obshchestva estestvoispytateley, 8(2), 371–439 (in Russian).
32. Perehrym, M. M. & Solomakha, V. A. (2008). Herbariy Botanichnoho sadu imeni akademika O. V. Fomina Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka [Herbarium of the Botanical Garden named after Academician O. V. Fomina of Taras Shevchenko Kyiv National University]. Ukrains'k. bot. z. 65(3). Fitosociotsentr, Kyiv, 465–468 (in Ukrainian).
33. Plants of the World Online (POWO). Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet. Access mode: https://powo.science.kew.org/
34. Shyyan, N. (2014). Istorychni herbarni kolektsii Ukrainy ta yikh doslidzhennya [Historical herbarium collections of Ukraine and their research]. Visnyk Lvivskoho universytetu. Seriya biolohichna, 65, 90–96 (in Ukrainian).
35. Shyyan, N. M. (2018). Podarunok Pavla Loziyeva Ukrainskiy akademii nauk (1920 r.) [Pavlo Loziev's gift to the Ukrainian Academy of Sciences (1920)]. Ukrains'k. bot. z., 75(6), 585–592. doi: 10.15407/ukrbotj75.06.585 (in Ukrainian)
36. Shyyan, N. M., Karpyuk, T. S. (2016). Herbariy O. L. Klotnoho «Flora Yaponii». Instytut botaniky imeni M. H. Kholodnoho NAN Ukrainy, Natsionalnyi herbariy Ukrainy (KW) [Herbarium O. L. Klyotny "Flora of Japan". Institute of Botany named after M. G. Kholodnoi National Academy of Sciences of Ukraine, National Herbarium of Ukraine (KW)]. Alterpres, Kyiv, 186 (in Ukrainian).
37. Skarby herbariyu Odeskoho natsionalnoho universytetu (MSUD). Herbarna kolektsiya E. E. Lindemanna. (2017). [Treasures of the herbarium of Odessa National University (MSUD). Herbarium collection of E. E. Lindemann]. Ukladachi: S. H. Kovalenko, O. Yu. Bondarenko, T. V. Vasylyeva, V. V. Nemertsalov. Osvita Ukrainy, Odesa, 776 (in Ukrainian).
38. Skarby herbariyu Odeskoho natsionalnoho universytetu (MSUD). Herbarna kolektsiya H. Y. Potapenka. (2014). [Treasures of the herbarium of Odessa National University (MSUD). Herbarium collection of G. Y. Potapenko]. Ukladachi: S. H. Kovalenko, O. Yu. Bondarenko, V. V. Nemertsalov, N. V. Herasymyuk, T. V. Vasylyeva. Osvita Ukrainy, Odesa, 112.
39. Skarby herbariyu Odeskoho natsionalnoho universytetu (MSUD). Herbarna kolektsiya Y. K. Pachoskoho. (2013). [Treasures of the herbarium of Odessa National University (MSUD). Herbarium collection of Y. K. Pachosky]. Ukladachi: S. H. Kovalenko, O. Yu. Bondarenko, T. V. Vasylyeva. Osvita Ukrainy, Odesa, 331 (in Ukrainian).
40. Skarby herbariyu Odeskoho natsionalnoho universytetu (MSUD). Herbarna kolektsiya Y.K. Pachoskoho. Chastyna II. (2016) [Treasures of the herbarium of Odessa National University (MSUD). Herbarium collection of Y. K. Pachosky]. Ukladachi: Kovalenko S. H., Bondarenko O. Yu., Vasylyeva T. V., Nemertsalov V. V. Osvita Ukrainy, Odesa, 80 (in Ukrainian).

41. Skarby herbariyu Odeskoho natsionalnoho universytetu (MSUD). Herbarna kolektsiya P. S. Shesterikova. (2014). [Treasures of the herbarium of Odessa National University (MSUD). Herbarium collection of P. S. Shesterikova]. Ukladachi: S. H. Kovalenko, O. Yu. Bondarenko, V. V. Nemertsalov, N. V. Herasymyuk, T. V. Vasylyeva. Osvita Ukrainy, Odesa, 196 (in Ukrainian).
42. Takhtajan, A. (2009). Flowering Plants. Springer Science + Business Media B.V., 872
43. Tasyenkevych, L., Mamchur, Z., Khmil, T. & Zhuk, O. (2014). Imenni kolektsii XIX-XX stolit u herbarii Lvivskoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Franka [Named collections of the 19th-20th centuries in the herbarium of Ivan Franko Lviv National University]. Visnyk of the Lviv University. Series Biology. 65, 112–120 (in Ukrainian).
44. Vasser, S. P., Krytska, L. I. (1999) Herbarii Ukrainy: suchasnyi stan, problemy funktsionuvannya i rozvytku [Herbariums of Ukraine: current state, problems of functioning and development]. Ukrains'k. bot. z., 56(3), 321–330 (in Ukrainian)
45. Vasylyeva, T., Bondarenko, O., Kovalenko, S. & Nemertsalov, V. (2018). Imenni istorychni kolektsii herbariyu Odeskoho natsionalnoho universytetu imeni I. I. Mechnikova (MSUD) [Named historical collections of the herbarium of the Odesa National University named after I. I. Mechnikov (MSUD)]. Visnyk Lvivskoho universytetu. Seriya biolohichna. 78, 144–149 (in Ukrainian).

Mamchur T. V., *PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Uman National University of Horticulture, Uman, Cherkasy region, Ukraine*

Historical herbarium collection of V.S. Horyacheva in the fund of the herbarium of the Uman National University of Horticulture (UM)

The article lists the herbarium collections of plants of the assistant of the Department of Botany V. S. Horyacheva, which are stored in the historical scientific part of the herbarium of the Uman National University of Horticulture (UM). The herbarium was collected in 1950–1960 by V. S. Horyacheva in the Dendrological Park "Sofiivka", which was analyzed by us according to the work. The author conducted a study of the herbaceous flora of the park, trees and shrubs, taking into account the exotic at that time, which amounted to more than 250 species for the south-western forest-steppe part of Ukraine, in particular Ginkgo biloba, Liriodendron tulipifera, Taxodium distichum. The taxonomic affiliation of 62 herbarium specimens according to the modern botanical nomenclature was analyzed, which include 51 species, 40 genera, 19 families, of which Gymnosperms – 1, Angiosperms – 18. Based on the processed handwritten herbarium labels, it was possible to identify the author's signature, which was verified with archival materials of the museum room of the university. She marked the Latin names of genera and species, years and the location of the plants in her own hand. The purpose of the article was primarily to present a complete list of herbarium specimens of V. S. Horyacheva, to publicize the found named collection for the scientific community for the study of taxa of this region, conducting the introduction of plants. The processed little-known historical collections of the herbarium (UM) made it possible to single out separate storage units of a number of rare collections of famous botanists, naturalists M. Turchaninov, V. Chernyaev, Yu. Lantskyi, Y. Pachoskyi, L. Rabenhorst; other botanist scientists of the university, students who acquired historical value. The primary electronic catalog of herbarium collectors was created, an annotated list of collection taxa was published in scientific works, monographs, and was registered in 2016 in the international database Index Herbariorum (New York) with the identifier (acronym) – UM. Currently, the historical heritage of the herbarium fund is carefully preserved and replenished with new collection herbarium receipts by botany teachers, graduate students and students and other gifts of scientists, by sending duplicates to scientific and educational herbarium institutions of Ukraine, it needs to be digitized. We believe that the herbarium (UM) deserves to be included in the list of "Herbaria of Ukraine. Index Herbariorum" and be useful for botanical research to the scientific community – botanists, dendrologists, ecologists.

Key words: *herbarium, named collection, V. S. Horyacheva, herbarium specimens, dendrological park "Sofiivka".*

УДК 574.583(282.247.327.2+282.247.325.8)

АНАЛІЗ ВИДОВОГО РІЗНОМАНІТТЯ ЗООБЕНТОСУ КРЕМЕНЧУЦЬКОГО ТА КАХОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩ

Рудик-Леуська Наталія Ярославівна
кандидат біологічних наук, доцент
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна
ORCID: 0000-0003-4355-7071
rudyk-leuska@ukr.net

Леуський Михайло Вікторович
асистент
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна
ORCID: 0000-0001-5646-8524
leuskyy@ukr.net

Хижняк Меланія Іванівна
кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна
ORCID: 0000-0003-2350-1919
khyzhnak_m@ukr.net

Макаренко Аліна Анатоліївна
доктор філософії, старший викладач
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна
ORCID: 0000-0002-2166-8566
almakarenko912@gmail.com

У літній період 2020–2021 рр. досліджено таксономічний склад, чисельність і біомасу зообентосу в Кременчуцькому та Каховському водосховищах. Зообентос водосховищ був представлений такими класами: Oligochaeta, Insecta, Malacostraca, Polychaeta.

В літній період 2020 року на досліджених ділянках Кременчуцького водосховища середня чисельність "м'якого" зообентосу становила 1680 екз/м^2 при біомасі 3,72 г/м^2, влітку 2021 року – 1034 екз/м^2 при біомасі 3,057 г/м^2. Чисельність та біомасу "м'якого" зообентосу влітку 2020 році формували олігохети (67 % та 44 %) та личинки хірономід (27 % та 38 %), а в 2021 році – личинки хірономід (88 % та 86 %) та меншою мірою олігохети (8 % та 12 %). У Кременчуцькому водосховищі на досліджених ділянках у 2020 році були зафіксовані личинки волохокрильців (3 % та 6 %), кумові раки (3 % та 1 %), а у 2021 році також зафіксовані личинки волохокрильців (3 % та 29 %) та кумові раки (4 % та 1 %, відповідно від загальної чисельності та біомаси «м'якого» макрозообентосу водойми). Влітку 2020 році молюски були представлені: Valvata piscinalis і Dreissena polymorpha, які складали 50 % від загальної чисельності молюсків та 80 % від біомаси, а у 2021 році – Valvata piscinalis та Dreissena polymorpha (67 % від загальної чисельності молюсків та 88 % від біомаси).

В літній період 2020 року середня чисельність "м'якого" зообентосу на досліджених ділянках Каховського водосховища становила 600 екз/м^2 при біомасі 0,719 г/м^2. Чисельність та біомасу "м'якого" зообентосу формували олігохети (57 % та 65 %) та личинки хірономід (30 % та 19 %, відповідно). Також у водосховищі на досліджених ділянках зустрічались поліхети (7 % та 9 %), кумові раки (6 % та 5 %) та бокоплави (5 % та 1 %, відповідно від загальної чисельності та біомаси «м'якого» макрозообентосу водойми). Молюски на досліджених ділянках водойми зафіксовані не були.

Ключові слова: *зообентос, водосховище, чисельність, біомаса.*

DOI https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.4.7

Вступ. Риба та рибні продукти мають важливе значення для забезпечення нормального розвитку і життєдіяльності людського організму, оскільки вони є джерелом необхідних вітамінів, макро- та мікроелементів, повноцінних білків тваринного походження (Jennings, 2016; Hrytsyniak & Gurbyk, 2017; Pukalo & Shekk, 2018; Horobets, 2019; Dontsova & Lebedynets, 2020). Вченими було доведено, що із метою повноцінного забезпечення свого організму вище вказаними елементами, людина повинна споживати рибу, а також рибні продукти у кількості 20 кг на рік, але в останні роки завдяки незалежному опитування населення було встановлено, що люди споживають не більше 10 кг риби на рік, що вдвічі нижче за необхідну норму споживання (Djmil & Soroka, 2012; Popova, 2017; Bondarchuk, 2019; Nazarenko et al., 2019; Yaroshevych & Pakholiuk, 2020; Koval et al., 2021).

Усі життєві процеси, що відбуваються в організмі риб, тісно пов'язані із зовнішнім середовищем і перебувають

під його безпосереднім впливом (Grynevych et al., 2018; Rudenko et al., 2019; Vodianitskyi et al., 2020). Важливе місце у вирощуванні риб належить біотичним умовам середовища вирощування. Серед основних біотичних чинників довкілля, які обумовлюють ефективність вирощування риби, є природна кормова база водойм, яка за вмістом поживних речовин і амінокислотним складом значно перевищує харчову цінність штучних кормів (Krazhan & Hyzhnjak, 2014; Grishin et al., 2015; Hryhorenko et al., 2019; Hryhorenko et al., 2020; Pukalo et al., 2020).

Велика роль при цьому відводиться зообентосу. У водосховищних екосистемах зообентос – одна з основних ланок, яка в системі кругообігу здійснює трансформацію речовини та передачу енергії з одного трофічного рівня на інший і відіграє важливу роль у формуванні біологічної продуктивності та якості води (Hubanova, 2019).

Аналіз вже наявних матеріалів засвідчує, що процеси формування біологічної продуктивності Дніпровських водосховищ пов'язані із значною часовою, так і просторовою мінливістю. В першу чергу, це зумовлено тим, що екосистеми Дніпровських водосховищ знаходяться під постійним впливом комплексу зовнішніх чинників, окремі складники якого характеризуються нестабільністю і різновекторністю (Tarasova, 1993; Shherbak, 2002).

Наявність та доступність кормових ресурсів – один з головних чинників формування оптимальних (з екологічної і рибогосподарської точок зору) якісних і кількісних характеристик іхтіофауни та підтримання її високого промислового запасу. За рахунок продукції зообентосу утворюється близько половини риби (лящ, сазан, плітка, густера, язь та ін.), що видобувається у водосховищах (Hubanova, 2019; Hryhorenko et al., 2019; Hryhorenko et al., 2020; Pukalo et al., 2020; Biliavtseva, 2021).

Відповідно, при плануванні заходів з зариблення водних об'єктів слід враховувати і природоохоронний аспект – за високої чисельності інтродуцентів недостатній розвиток кормової бази може призводити до виникнення напружених кормових відносин з представниками аборигенної іхтіофауни (Kruzhylina, 2005; Heina, 2006; Dombrovskyi, 2009; Kruzhylina, 2013; Kruzhylina, 2015).

Метою даної роботи була оцінка сучасного біопродукційного потенціалу Кременчуцького та Каховського водосховищ з точки зору формування кормової бази для риб.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження макрозообентосу Кременчуцького водосховища проводили у літній період 2020–2021 рр. на ділянках – Кар'єр, Червона Слобода, Фарватер, а Каховського водосховища влітку 2020 р. на ділянках – с. Біленьке, р/з Біленьке-Малокатеринівка, р-н с. Малокатеринівка.

Каховське водосховище, яке створено у 1955–1958 рр. на Дніпрі при будівництві Каховської ГЕС, займає велику степову зону і є самим нижнім у каскаді Дніпровських водосховищ. Найпродуктивнішим у Дніпровському каскаді є Кременчуцьке водосховище (створене у 1961 р.) – одне з шести великих водосховищ у каскаді на річці Дніпро у Черкаській, Полтавській та Кіровоградській областях (Denisova et al., 1989; Hrebin et al., 2014; Rudyk-Leuska, 2020; Khilchevskyi & Grebin, 2021).

Відбір макрозообентосу здійснювали за допомогою дночерпака Петерсена (площею захоплення 0,025 м^2). Відібрані проби промивали, а організми розбирали за групами та фіксували 4% розчином формаліну. Біомасу окремих груп організмів визначали шляхом зважування на електронних терезах Taxis AD500. Камеральне опрацювання і визначення видів здійснювали за загальновизнаними методами (Morduhaj-Boltovskoj, 1987; Arsan et al., 2006).

Продукцію розраховували, виходячи із ПБ (продукційного коефіцієнту) для «м'якого» макрозообентосу – 6, а молюсків – 3,5. Статистичне опрацювання матеріалу проводили з використанням програмних пакетів для персональних комп'ютерів «Microsoft Excel», а також «STATISTICA 6.0».

Результати. Влітку 2020 року середня чисельність «м'якого» зообентосу на досліджених ділянках Кременчуцького водосховища становила 1680 екз/м^2 при біомасі 3,72 г/м^2. Чисельність та біомасу «м'якого» зообентосу формували олігохети (67 % та 44 %) та личинки хірономід (27 % та 38 %). Також у водосховищі на досліджених ділянках були зафіксовані личинки волохокрильців (3 % та 6 %), кумові раки (3 % та 1 %, відповідно від загальної чисельності та біомаси «м'якого» макрозообентосу водойми). Молюски були представлені: *Valvata piscinalis* і *Dreissena polymorpha* (50 % від загальної чисельності молюсків та 80 % від біомаси) (табл. 1).

Продукція «м'якого» зообентосу за вегетаційний сезон на дослідженій ділянці може скласти 223 кг/га і можливий промисловий вилов риби за рахунок споживання «м'якого» зообентосу – 4,9 кг/га. Продукція молюсків за вегетаційний сезон може скласти 63,9 кг/га і можливий промисловий вилов риби за рахунок споживання молюсків – 0,4 кг/га.

В літній період 2020 року середня чисельність «м'якого» зообентосу на досліджених ділянках Каховського водосховища становила 600 екз/м^2 при біомасі 0,719 г/м^2. Чисельність та біомасу «м'якого» зообентосу формували олігохети (57 % та 65 %) та личинки хірономід (30 % та 19 %, відповідно). Також у водосховищі на досліджених ділянках зустрічались поліхети (7 % та 9 %), кумові раки (6 % та 5 %) та бокоплави (5 % та 1 %, відповідно від загальної чисельності та біомаси «м'якого» макрозообентосу водойми). Молюски на досліджених ділянках водойми зафіксовані не були (табл. 2).

Продукція «м'якого» зообентосу за вегетаційний сезон на дослідженій ділянці може скласти 43 кг/га і можливий промисловий вилов риби за рахунок споживання «м'якого» зообентосу – 0,9 кг/га.

Влітку 2021 року середня чисельність «м'якого»-зообентосу на досліджених ділянках Кременчуцького водосховища становила 1034 екз/м^2 при біомасі 3,057 г/м^2. Чисельність та біомасу «м'якого» зообентосу формували личинки хірономід (88 % та 86 %) та в меншій мірі олігохети (8 % та 12 %). Також у водосховищі на досліджених ділянках були зафіксовані личинки волохокрильців (3 % та 29 %), кумові раки (4 % та 1 %, відповідно від загальної чисельності та біомаси «м'якого» макрозообентосу водойми). Молюски були представлені: *Valvata*

Таблиця 1

Чисельність (екз/м²) та біомаса (г/м²) зообентосу у Кременчуцькому водосховищі, літо 2020 р.

Таксономічні групи	Ділянки водосховища							
	Кар'єр		Червона Слобода		Фарватер		Середнє	
	екз/м² / г/м²	% / %	екз/м² / г/м²	% / %	екз/м² / г/м²	% / %	екз/м² / г/м²	% / %
1.Клас. Oligochaeta	2080 / 3,36	89,6 / 63,2	480 / 0,64	38,7 / 21,3	800 / 0,92	54,1 / 32,4	1120 / 1,640	66,6 / 44,1
1. Клас. Insecta	240 / 1,96	10,3 / 36,8	600 / 2,20	48,4 / 73,3	680 / 1,92	45,9 / 67,6	507 / 2,027	30,2 / 54,5
Ряд. *Tendipedidae* *1.Chironomidae*	200 / 1,72	8,6 / 32,3	480 / 0,64	38,7 / 21,3	680 / 1,92	45,9 / 67,6	453 / 1,427	27,0 / 38,4
Ряд. *Trichoptera larvae*	40 / 0,24	1,7 / 4,5	120 / 1,56	9,7 / 52,0	0 / 0	0 / 0	53 / 0,600	3,2 / 16,1
1. Клас. Malacostraca *1. Cumacea*	0 / 0	0 / 0	160 / 0,16	12,9 / 5,4	0 / 0	0 / 0	53 / 0,053	3,2 / 1,4
Всього "м'якого" бентосу	2320 / 5,32	100 / 100	1240 / 3,00	100 / 100	1480 / 2,84	100 / 100	**1680 / 3,72**	**100 / 100**
Тип. Mollusca	40 / 1,80	100 / 100	40 / 4,40	100 / 100	0 / 0	0 / 0	**26 / 1,827**	**100 / 100**
Dreissena	0 / 0	0 / 0	40 / 4,4	100 / 100	0 / 0	0 / 0	13 / 1,467	50 / 80,33
Valvata piscinalis	40 / 1,08	100 / 100	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	13 / 0,360	50 / 19,7

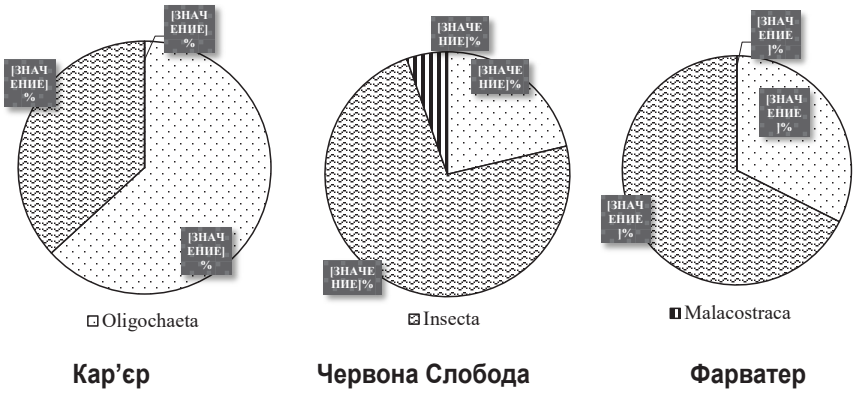


Рис. 1. Біомаса основних груп «м'якого» бентосу в Кременчуцькому водосховищі в 2020 р., %

piscinalis та *Dreissena polymorpha*, яка складала 67 % від загальної чисельності молюсків та 88 % від біомаси (табл. 3).

Продукція «м'якого» зообентосу за вегетаційний сезон на дослідженій ділянці може скласти 183,4 кг/га і можливий промисловий вилов риби за рахунок споживання «м'якого» зообентосу – 4,1 кг/га. Продукція молюсків за вегетаційний сезон може скласти 96,6 кг/га і можливий промисловий вилов риби за рахунок споживання молюсків – 0,5 кг/га.

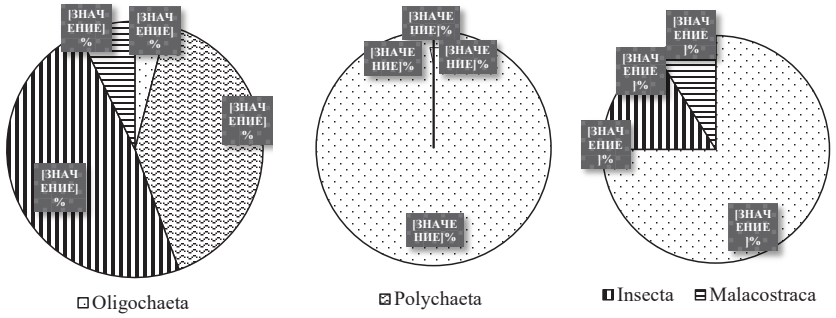
Обговорення. За період досліджень 2006–2010 рр. біомаса «м'якого» макрозообентосу на Кременчуцькому водосховищі коливалась від 10,69 г/м³ до 45,5 г/м³. Макрозообентос набував найбільш значного рівня розвитку в водосховищі у 2009 р., коли біомаса «м'якого» зообентосу досягла 45,5 г/м², а найменшого – у літній період 2007 р. – 10,7 г/м². Домінуючою групою серед «м'якого» макрозообентосу в Кременчуцькому водосховищі у 2006–2007 рр. – *Chironomidae larvae* (44–79 %), а у 2009 і 2010 рр. – *Oligochaeta* (73 і 39 %). Біомаса молюсків в середньому за досліджений період 2006–2010 рр. коливалась від 2,3 г/м² до 254,7 г/м². Серед молюсків за біомасою в Кременчуцькому водосховищі домінувала *Dreissena polymorpha* (Kruzhylina, 2013).

У Кременчуцькому водосховищі у літні періоди 2011–2013 рр. показники чисельності організмів «м'якого» макрозообентосу значно коливались по роках, складаючи від 2187 до 5098 екз/м² за біомаси від 7,29 до 14,42 г/м². Основу біомаси «м'якого» макрозообентосу у дослідному водосховищі становили *Oligochaeta* (36–100 %) та личинки *Chironomidae* (27–82 %). *Gammarus sp.* значного рівня розвитку в Кременчуць-

Таблиця 2

Чисельність (екз/м²) та біомаса (г/м²) зообентосу у Каховському водосховищі, літо 2020 р.

Таксономічні групи	Ділянки водосховища							
	с. Біленьке		р/з Біленьке-Малокатеринівка		р-н с. Малокатеринівка		Середнє	
	екз/м² / г/м²	% / %	екз/м² / г/м²	% / %	екз/м² / г/м²	% / %	екз/м² / г/м²	% / %
1.Клас. Oligochaeta	120 / 0,020	23,9 / 4,0	240 / 0,540	100 / 100,0	660 / 0,840	62,3 / 75,0	340 / 0,467	56,6 / 64,9
1.Клас. Polychaeta	120 / 0,200	24,0 / 40,4	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	40 / 0,067	6,7 / 9,3
2. Клас. Insecta	240 / 0,240	47,9 / 48,4	0 / 0	0 / 0	300 / 0,180	28,3 / 16,1	180 / 0,140	30,0 / 19,5
Ряд. *Tendipedidae* *1.Chironomidae*	240 / 0,240	47,9 / 48,4	0 / 0	0 / 0	300 / 0,180	28,3 / 16,1	180 / 0,140	30,0 / 19,5
3. Клас. Malacostraca	21 / 0,036	4,2 / 7,2	0 / 0	0 / 0	100 / 0,100	9,4 / 8,9	40 / 0,045	6,7 / 6,3
1. Cumacea	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	100 / 0,100	9,4 / 8,9	3333 / 0,033	5,5 / 4,6
2. *Gammaridae*	21 / 0,036	4,2 / 7,2	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	7 / 0,012	1,2 / 1,7
Всього «м'якого» **бентосу**	501 / 0,496	100,0 / 100,0	240 / 0,540	100,0 / 100,0	1060 / 1,120	100,0 / 100,0	600 / 0,719	100,0 / 100,0



с. Біленьке **р/з Біленьке-Малокатеринівка** **р-н с. Малокатеринівка**

Рис. 2. Біомаса основних груп «м'якого» бентосу в Каховському водосховищі в 2020 р., %

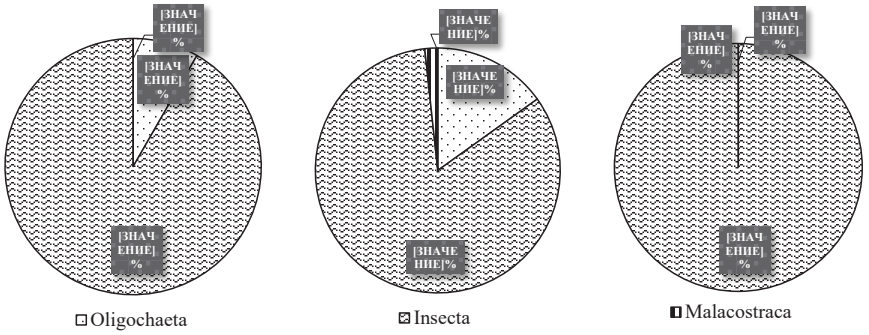
кому водосховищі набував у 2012 р., складаючи відповідно 37 % загальної біомаси м'якого макрозообентосу. На Кременчуцькому водосховищі чисельність молюсків коливалась від 236 до 876 екз/м² за біомаси від 44,22 г/м² до 111,9 г/м². Серед молюсків за біомасою на водосховищі протягом усього періоду досліджень домінантом була *Dreissena polymorpha*, складаючи за чисельністю від 86 до 100 %, а за біомасою від 60 % до 100 % від загальної (Kruzhylina, 2015).

Дослідження, що були проведені з 1997 по 2009 рр. у верхів'ї Каховського водосховища, виявили 129 видів і форм донних безхребетних, більшість із яких визначені до певного виду. Найбільшим видовим багатством характеризувалися черевоногі молюски (18 видів), личинки бабок (16 видів) та твердокрилі (12 видів). Біднішим видовим різноманіттям відзначалися напівтвердокрилі, олігохети, личинки волохокрильців, личинки хірономід, гамариди, п'явки, двостулкові молюски, личинки одноденок, водяні кліщі. По два види було знайдено мізид, водяних павуків, личинок мокреців і кровосисних комарів, інші безхребетні були представлені по одному виду. Із виявлених донних безхребетних було зафіксовано 10 (7,8 %) видів представників понто-каспійської фауни серед яких: гамариди, мізиди, кумові ракоподібні, двостулкові молюски. Найбільша подібність видового складу макрозообентосу характерна для водойм, що мають природну заплаву (48–53 % за індексом Серенсена), а найменша (35–42 %) між штучними водоймами та затоками верхньої ділянки водосховища. Спостерігається низька видова однорідність угруповань макрозообентосу природних водойм, що розташовані поряд, проте відрізняються ступенем антропогенного впливу (Dombrovskyi, 2009).

Таблиця 3

Чисельність (екз/м²) та біомаса (г/м²) зообентосу у Кременчуцькому водосховищі, літо 2021 р.

Таксономічні групи	Ділянки водосховища							
	Кар'єр		Червона Слобода		Фарватер		Середнє	
	екз/м² / г/м²	% / %	екз/м² / г/м²	% / %	екз/м² / г/м²	% / %	екз/м² / г/м²	% / %
1.Клас. Oligochaeta	147 / 0,147	10,9 / 8,3	98 / 0,98	5,6 / 15,1	0 / 0	0 / 0	82 / 0,376	7,9 / 12,3
1. Клас. Insecta	1201 / 1,621	89,1 / 91,7	1535 / 5,381	87,6 / 83,2	1,47 / 0,931	100 / 100	912 / 2,644	88,2 / 86,5
Ряд. *Tendipedidae* *1.Chironomidae*	1176 / 1,421	87,2 / 80,4	1470 / 2,891	83,9 / 44,7	1,47 / 0,931	100 / 100	882 / 1,748	85,3 / 57,2
Ряд. *Trichoptera* larvae	25 / 0,2	1,9 / 11,3	65 / 2,49	3,7 / 38,5	0 / 0	0 / 0	30 / 0,897	2,9 / 29,3
1. Клас. Malacostraca *1. Cumacea*	0 / 0	0 / 0	120 / 0,11	6,8 / 1,7	0 / 0	0 / 0	40 / 0,037	3,9 / 1,2
Всього «м'якого» бентосу	1348 / 1,768	100 / 100	1753 / 6,471	100 / 100	1,47 / 0,931	100 / 100	1034 / 3,057	100 / 100
Тип. Mollusca	30 / 0,98	100 / 100	60 / 7,3	100 / 100	0 / 0	0 / 0	30 / 2,76	100 / 100
Valvata piscinalis	30 / 0,98	100 / 100	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	10 / 0,327	33,3 / 11,8
Dreissena	0 / 0	0 / 0	60 / 7,3	100 / 100	0 / 0	0 / 0	20 / 2,433	66,7 / 88,2



Кар'єр **Червона Слобода** **Фарватер**

Рис. 3. Біомаса основних груп «м'якого» бентосу в Кременчуцькому водосховищі в 2021 р., %

В літній період на ділянці озероподібного плеса макрозообентос складав 7 видів, середня їх чисельність та біомаса становила – 19380 екз/м² і 53,8 г/м², відповідно. У складі макрозообентосу на протоках було знайдено 63 таксони донних безхребетних. Чисельним видовим різноманіттям характеризувалися черевоногі молюски, до яких відносилися 10 видів гідробіонтів. Зареєстровано по 8 видів личинок бабок, твердокрилих і дорослих форм напівтвердокрилих, 7 видів – олігохет, личинок одноденок, по 2 види – мокреців та гамарид, і лише одним таксоном представлені інші групи (личинки волохокрильців, віслокрилих та водяні кліщі). Домінували за зустрічальністю серед черевоногих молюсків фітофільні та літофільні види – *Lumnaea auricularia* (75 %) і *Viviparus viviparus* (60 %), відповідно. Важливе значення в складі макрозообентосу відігравали олігохети, личинки хірономід і віслокрилих, що, основним чином, були представлені пелофільними видами такими як – *Potamothrix hammoniensis, T. tubifex, L. hoffmeisteri, Ch. plumosus, Ch. thummi, Sialis morio*. Серед цих груп переважали олігохети, а найбільшу чисельність становив *P. hammoniensis* (23,5 тис. екз/м²). За чисельністю на другому місці були личинки хірономід *Ch. plumosus* (18,5 тис. екз/м²). Личинки віслокрилих домінували лише на деяких ділянках проток із максимальною щільністю 14,25 тис. екз/м². Інші знайдені таксони донних безхребетних високими показниками чисельності не відмічались (Dombrovskyi, 2009).

У літній період 2020 року середня чисельність «м'якого» зообентосу на досліджених ділянках Кре-

менчуцького водосховища (Кар'єр, Червона Слобода, Фарватер) становила 1680 екз/м^2 при біомасі 3,72 г/м^2, а у 2021 році – 1034 екз/м^2 при біомасі 3,057 г/м^2. Влітку 2020 року на досліджених ділянках Каховського водосховища (с. Біленьке, р/з Біленьке-Малокатеринівка, р-н с. Малокатеринівка) середня чисельність «м'якого» зообентосу складала 600 екз/м^2 при біомасі 0,719 г/м^2.

Чисельність та біомасу «м'якого» зообентосу Кременчуцького водосховища у 2020–2021 роках формували олігохети та личинки хірономід. Також у водосховищі на досліджених ділянках були зафіксовані личинки волохокрильців, кумові раки. Молюски були представлені: *Valvata piscinalis* і *Dreissena polymorpha.*

Влітку 2020 року чисельність та біомасу «м'якого» зообентосу Каховського водосховища формували також олігохети та личинки хірономід. На досліджених ділянках зустрічались поліхети, кумові раки та бокоплави. Молюски на досліджених ділянках водойми зафіксовані не були. Отримані дані за розвитком зообентосу, а також його продукція свідчить про цілком задовільну забезпеченість риб – зообентофагів їжею.

Висновки. На досліджених ділянках в літній період 2020 року Кременчуцького водосховища середня чисельність «м'якого» зообентосу складала 1680 екз/м^2 при біомасі 3,72 г/м^2, а влітку 2021 року – 1034 екз/м^2 при біомасі 3,057 г/м^2. Влітку 2020 року середня чисельність «м'якого» зообентосу на досліджених ділянках Каховського водосховища становила 600 екз/м^2 при біомасі 0,719 г/м^2. Бентосні організми різних ділянок Кременчуцького та Каховського водосховищ мають неоднорідний характер розподілу та видового складу. На кількісний склад зообентосу впливає якість води, рівень pH та швидкість течії. Саме кількість придонних організмів є показником рівня біопродуктивності досліджуваних ділянок водойми.

За відсутності повноцінних відомостей щодо сучасного стану, а також динаміки розвитку кормових гідробіонтів, неможливо реалізувати довгострокову стратегію рибогосподарського використання водосховищ, зокрема, в частині розроблення заходів із штучного відтворення і оцінки їх ефективності та впливу на аборигенну іхтіофауну. В подальшому необхідно продовжити моніторингові дослідження як кількісних, так і якісних показників зообентосу, які в подальшому будуть необхідні для вивчення біопродукційних можливостей водосховищ та оцінки загального трофічного рівня як основи для формування рибопродукції.

Бібліографічні посилання:

1. Arsan, O. M., Davydov, O. A., Diachenko, T. M., Yevtushenko, N. Yu., Zhukinskiy, V. M., Kirpenko, N.I. & Kipnis, L.S. (2006). Metody hidroekolohichnykh doslidzhen poverkhnevykh vod [Methods of hydroecological research of surface waters]; za red. V. D. Romanenka; NAN Ukrainy. In-t hidrobiolohii. Kiev: Vyd-vo «Lohos», 408 (in Ukrainian).
2. Bondarchuk, M. Ye. (2019). Trends in the development of the domestic food market in Ukraine. Zenodo. doi: 10.5281/ZENODO.3803825
3. Buzevych, I. Yu. (2008). Suchasnyi stan promyslovoi ikhtiofauny Kakhovskoho vodoskhovyshcha [The current state of the industrial ichthyofauna of the Kakhovka Reservoir]. Rybohospodarska nauka Ukrainy, 4, 4–9 (in Ukrainian).
4. Biliavtseva, V. (2021). Methods of wastewater treatment with the help of aquatic organisms. In Colloquium-journal, 17(104), 54–63. doi: 10.24412/2520-6990-2021-17104-54-63
5. Denisova, A. I., Timchenko, V. M., Nahshina, E. P., Novikov, B. I., Ryabov, A. K., & Bass, Y. I. (1989). Otv. red. Shevchenko M. A. Gidrologija i gidrohimija Dnepra i ego vodohranilishh [Hydrology and hydrochemistry of the Dnieper and its reservoirs]. AN USSR. Institut gidrobiologii. Kiev: Nauk. dumka, 216 (in Russian).
6. Djmil, V. I., Soroka N. M. (2012). Monogenoidozy koropovih rib [Monogenoidosis of carp fish]. Naukovii visnik Nacionalnogo universitety bioresursiv I prirodokoristuvannya Ukraini. Striya: Veretinarna medicina, yakist` I bezpeka produkcii tvarinnictva, 151, ch. 2. 58. 61. (in Ukrainian).
7. Dombrovskyi, K. O. (2009). Osoblyvosti sezonnoi dynamiky ta vydovyi sklad makrozoobentosu litorali verkhivia Kakhovskoho vodoskhovyshcha [Peculiarities of seasonal dynamics and species composition of the macrozoobenthos of the littoral of the upper reaches of the Kakhovka Reservoir]. Visn. Zaporiz. nats. un-tu. Biolohichni nauky, 1, 31–38 (in Ukrainian).
8. Dontsova, I. V., & Lebedynets, V. T. (2020). Food raw materials of animal origin: classification, properties and use. In Herald of Lviv University of Trade and Economics. Technical sciences, 23, 121–127. Lviv University of Trade and Economics. doi: 10.36477/2522-1221-2020-23-16
9. Fedonenko, O. V., Yesipova, N. B., Sharamok, T. S. & Marenkov, O. M. (2010). Hidroekolohichnyi stan Kakhovskoho vodoskhovyshcha [Hydro-ecological condition of the Kakhovka Reservoir]. Pytannia bioindykatsii ta ekolohii. Zaporizhzhia: ZNU, 15(2), 214 –222 (in Ukrainian).
10. Grishin, B., Krazhan, S., & Chuzhma, N. (2015). Assessment of the development of pond forage base when rearing carp (*Cyprinus carpio carpio*) fish seeds at fish farm «Merkuriy». In Ribogospodars'ka nauka Ukraïni, 2015(3), 34–45. National Academy of Sciences of Ukraine (Co. LTD Ukrinformnauka). doi: 10.15407/fsu2015.03.034
11. Grynevych, N., Sliusarenko, A., Dyman, T., Sliusarenko, S., Gutyj, B., Kukhtyn, M., Hunchak, V., & Kushnir, V. (2018). Etiology and histopathological alterations in some body organs of juvenile rainbow trout Oncorhynchus mykiss (Walbaum, 1792) at nitrite poisoning. In Ukrainian Journal of Ecology, 8(1), 402–408. Oles Honchar Dnipropetrovsk National University. doi: 10.15421/2018_228
12. Heina, K. M. (2006). Shliakhy optymizatsii kharchovykh vzaiemovidnosyn tiulky ta tovstolobykiv Kakhovskoho vodoskhovyshcha [Ways to optimize the nutritional relationship between Clupeonella and Hypophthalmichthys of the Kakhovka Reservoir]. Rybne hospodarstvo. Rybne hospodarstvo. Kiev: Ahrarna nauka, 65, 211–220 (in Ukrainian).

13. Horobets, A. O. (2019). Vitamins and microelements as specific regulators of physiological and metabolic processes in the body of children and adolescents. In Ukrainian journal of Perinatology and Pediatrics, 4(80), 75–92. Group of Companies Med Expert, LLC. doi: 10.15574/pp.2019.80.75

14. Hrebin, V. V., Khilchevskyi, V. K., Stashuk, V. A., Chunarov, O. V. & Yaroshevych, O. Ie. (2014). Vodnyi fond Ukrainy. Shtuchni vodoimy. Vodoskhovyshcha i stavky [Water Fund of Ukraine. Artificial reservoirs. Reservoirs and ponds]. Kiev: Interpres, 163 (in Ukrainian).

15. Hryhorenko, T. V., Shumyhai, I. V., Dobrianska, O. P., & Bazaieva, A. M. (2019). Ekolohichnyi stan rybnytskykh staviv za vyroshchuvannia populiatsii Antoninsko-Zozulenetskoi porody koropa [Ecological condition of fishponds for growing populations of the Antonina-Zozulenetsk breed of carp]. Ahroekolohichnyi zhurnal, (4), 65–73 doi: 10.33730/2077-4893.4.2019.189460 (in Ukrainian).

16. Hryhorenko, T., Mushyt, S., & Bazaieva, A. (2020). Productivity of nursery ponds under the complex exposure to their ecosystem. In Ribogospodars'ka nauka Ukrayny, 3(53), 19–32. National Academy of Sciences of Ukraine (Co. LTD Ukrinformnauka). doi: 10.15407/fsu2020.03.019

17. Hrytsyniak, I. I., & Gurbyk, V. V. (2017). Assessment of market parameters of multiple age groups of the galician carp. In Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies, 19(74), 29–32. Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv. doi: 10.15421/nvlvet7407

18. Hubanova, N. L. (2019). Production of zoobenthos in various areas of the Dnipro (Zaporizhzhia) reservoir. In Agrology, 2(3), 156–160. Dnipro State Agrarian and Economic University. doi: 10.32819/019023

19. Jennings, S. (2016). Aquatic food security: insights into challenges and solutions from an analysis of interactions between fisheries, aquaculture, food safety, human health, fish and human welfare, economy and environment. In Fish and Fisheries, 17(4), 893–938. Wiley. doi: 10.1111/faf.12152

20. Khilchevskyi, V. K., & Grebin, V. V. (2021). Large and small reservoirs of Ukraine: regional and basin distribution features. In Hydrology, hydrochemistry and hydroecology, 2(60), 6–17. Taras Shevchenko National University of Kyiv. doi: 10.17721/2306-5680.2021.2.1

21. Koval, O., Holubenko, O., Rud, V., & Tarasenko, L. (2021). Veterynarno-sanitarna otsinka yakosti i bezpechnosti ryby Pivdennoho rehionu Ukrainy (ohliadova stattia) [Veterinary and sanitary assessment of the quality and safety of fish in the Southern region of Ukraine (review article)]. Ahrarnyi visnyk Prychornomoria, 99 (in Ukrainian). doi: 10.37000/abbsl.2021.99.06

22. Krazhan, S. A., & Hyzhnjak, M. I. (2014). Pryrodna kormova baza rybogospodar'kyh vodojm [Natural fodder base of fishing ponds]. Navchal'nyj posibnyk. Kyiv. Agrarna osvita (in Ukrainian).

23. Morduhaj-Boltovskoj, F. D. (1987). Hishhnye vetvistousye fauny mira: Opredeliteli po faune SSSR [Predatory cladoceran faunas of the world: Keys to the fauna of the USSR]. Leningrad: Nauka, 248, 182 (in Russian).

24. Kruzhylina, S. (2015). The level of hydrobiont developmentas a characteristic of the conditions of fish fattening in the Dnieper reservoirs. In Ribogospodars'ka nauka Ukraïni, 4(34), 15–30. National Academy of Sciences of Ukraine (Co. LTD Ukrinformnauka). doi: 10.15407/fsu2015.04.015

25. Kruzhylina, S. V. (2005). Trofichni vzaiemovidnosyny strokatoho tovstoloba ta molodi promyslovykh vydiv ryb Kremenchutskoho vodoskhovyshcha [Trophic interrelationships of bighead carp and juvenile of commercial fish species of the Kremenchuk]. Rybne hospodarstvo. Kiev: Ahrarna nauka, 64, 116– 121 (in Ukrainian).

26. Kruzhylina, S. V. (2013). Kormova baza ryb ta potentsiini bioproduktsiini mozhlyvosti vodoskhovyshch Dniprovskoho kaskadu [Feed base of fish and potential bioproduction possibilities of reservoirs of the Dnipro Cascade]. Visnyk Zaporizkoho natsionalnoho universytetu. Biolohichni nauky, 3, 22–31 (in Ukrainian).

27. Nazarenko, S., Bublyk, A., & Nazarova, E. (2019). Sanitary evaluation of fishes fished from the ponds of the Sumy region. In Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Veterinary Medicine, 3(46), 54–60. Sumy National Agrarian University. doi: 10.32845/bsnau.vet.2019.3.8

28. Popova, O. L. (2017). Statistics and Economy of Fish Farming in Ukraine. In Statistics of Ukraine, 3(78), 13–19. National Academy of Statistics Accounting and Audit. doi: 10.31767/su.3(78).2017.03.02

29. Pukalo, P. Ja., Bozhyk, L. Ja., Dumych, O. Ja., & Tonkonozhenko, S. M. (2020). Conditions for carp growing in feeding ponds of the Yaniv fishery. In Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies, 22(93), 35–39. Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv. doi: 10.32718/nvlvet-a9306

30. Pukalo, P., & Shekk, P. (2018). Parasitic diseases of fish in the ponds of farms of the Lviv Regional Fishery Plant. In Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies, 20(83), 141–144. Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv. doi: 10.15421/nvlvet8327

31. Rudenko, O. P., Paranjak, R. P., Kovalchuk, N. A., Kit, L. P., Hradovych, N. I., Gutyj, B. V., Kalyn, B. M., Sukhorska, O. P., Butsiak, A. A., Kropyvka, S. I., Petruniv, V. V., & Kovalska, L. M. (2019). Influence of seasonal factors on carp fish immune reactivity. Ukrainian Journal of Ecology, 2019, 9(3), 168–173. doi: 10.15421/2019_726

32. Rudyk-Leuska, N. Ya., Yevtushenko, N. Yu., Khyzhniak, M. I., Leuskyi, M. V., Tson N. I., Dumych, O. Y. (2020). Reflection of climate change on the temperature conditions of the middle section of the Kremenchug reservoir / VII International Internet Conference «The world during a pandemic: new challenges and threats», August 18–19. Vancouver, Canada, 82–86.

33. Shherbak, V. I. (2002). Bioraznoobrazie i strukturno-funkcional'naja organizacija nekotoryh komponentov bioty Zaporozhskogo i Kahovskogo vodohranilishh v uslovijah antropogennogo pressa [Biodiversity and Structural-Functional Organization of Some Biota Components of the Zaporizhzhia and Kakhovka Reservoirs under the Conditions of Anthropogenic Press]. Gidrobiologicheskij zhurnal, 38(5), 17–25 (in Russian).

34. Sirenko, L. A. & Gavrilenko, M. Ja. (1978). Cvetenie vody i evtrofirovanie [Algal bloom and eutrophication]. Naukova dumka. Kiev (in Russian).

35. Tarasova, O. M. (1993). Otsinka kormovoi bazy ryb, v zviazku z antropohennoiu diieiu na ekosystemu Kremenchutskoho ta Kakhovskoho vodoskhovyshch [Evaluation of the forage base of fish in connection with anthropogenic impact on the ecosystem of the Kremenchuk and Kakhovka reservoirs]. Tvarynnytstvo Ukrainy. Kiev, 5 (in Ukrainian).

36. Vodianitskyi, O., Potrokhov, O., Hrynevych, N., Khomiak, O., Khudiyash, Y., Prysiazhniuk, N., Rud, O., Sliusarenko, A., Zagoruy, L., Gutyj, B., Dushka, V., Maxym, V., Dadak, O. & Liublin, V. (2020). Effect of reserviour temperature and oxygen conditions on the activity of Na-K pump in embrios and larvae of perch, roach, and ruffe. Ukrainian Journal of Ecology, 10(2), 184–189. doi: 10.15421/2020_83

37. Yaroshevych, T., & Pakholiuk, O. (2020). Ukrainskyi rynok ryby ta moreproduktiv: problemy ta perspektyvy [Ukrainian fish and seafood market: problems and prospects]. Tovaroznavchyi visnyk, 1(13), 40–51 doi: 10.36910/6775-2310-5283-2020-13-04 (in Ukrainian).

Rudyk-Leuska N. Ya., *PhD (Biological Sciences), Associate Professor, National University of Life and Environmental Science of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

Leuskyi M. V., *Assistant, National University of Life and Environmental Science of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

Khyzhniak M. I., *PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, National University of Life and Environmental Science of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

Makarenko A. A., *PhD, Assistant, National University of Life and Environmental Science of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

Analysis of species diversity of zoobenthos of the Kremenchuk and the Kakhovka reservoirs

In the summer period of 2020–2021, the taxonomic composition, abundance and biomass of zoobenthos in the Kremenchuk and Kakhovka reservoirs were investigated. Zoobenthos was represented by the following classes: Oligochaeta, Insecta, Malacostraca, Polychaeta.

In the studied areas of the Kremenchuk reservoir in the summer of 2020, the average number of "soft" zoobenthos was 1,680 specimens/m^2 with a biomass of 3.72 g/m^2, in the summer of 2021 – 1,034 specimens/m^2 with a biomass of 3.057 g/m^2. Quantitative indicators of "soft" zoobenthos in the summer of 2020 were formed by oligochaetes (67% and 44%) and chironomid larvae (27% and 38%), and in 2021 by chironomid larvae (88% and 86%) and, to a lesser extent, oligochaetes (8% and 12%). In the Kremenchuk reservoir in the studied areas in 2020, larvae of Trichoptera (3% and 6%), Cumacea (3% and 1%) were recorded, and in 2021, larvae of Trichoptera (3% and 29%) and Cumacea (4% and 1%, respectively, of the total number and biomass of "soft" macrozoobenthos of the reservoir). In the summer of 2020, molluscs were represented: by Valvata piscinalis and Dreissena polymorpha, which accounted for 50% of the total number of molluscs and 80% of the biomass, and in 2021 – by Valvata piscinalis and Dreissena polymorpha (67% of the total number of molluscs and 88% of the biomass) .

In the summer of 2020, the average number of "soft" zoobenthos in the investigated areas of the Kakhovka reservoir was 600 specimens /m2 with a biomass of 0.719 g/m^2. The number and biomass of "soft" zoobenthos was formed by oligochaetes (57% and 65%) and chironomid larvae (30% and 19%, respectively). Also, polychaetes (7% and 9%), Cumacea (6% and 5%) and Amphipoda (5% and 1%, respectively, of the total number and biomass of the "soft" macrozoobenthos of the reservoir) were found in the reservoir in the studied areas. Molluscs were not recorded in the studied areas of the reservoir.

Key words: *zoobenthos, reservoir, number, biomass.*

УДК 631.33

ОСОБЛИВОСТІ ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ КІНОА

Троценко Надія Володимирівна
аспірантка
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-002-6671-2014
sblack1522@gmail.com

Жатова Галина Олексіївна
кандидат сільськогосподарських наук, професор
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0002-8606-6750
gzhatova@ukr.net

Насіння, як орган репродукції рослин, відіграє важливу роль у збереженні та відтворенні виду. В аграрному виробництві якість насіння має важливе значення для успіху майбутнього врожаю і залежить від його генетичних, фізіологічних та фізичних характеристик. Отримання якісного насіння є одним із найважливіших етапів у виробництві кіноа і пов'язано з багатьма факторами, серед яких провідні – генетичні аспекти та системи вирощування. Кіноа, через специфічний хімічний склад насіння та особливості будови екзокарпію, втрачає свій потенціал проростання за короткий проміжок часу при зберіганні в неконтрольованих умовах навколишнього середовища. Для підвищення якісних показників насіння, його здатності до проростання застосовують різноманітні прийоми: намочування, прогрівання, обробку бактеріальними препаратами, сполуками селену та цинку. Мета досліджень полягала у вивченні можливостей передпосівної обробки для підвищення посівних якостей насіння кіноа зі зниженою здатністю до проростання та дослідження особливостей проростання зразків насіння. Дослідження з культурою кіноа проводилися в 2022 році в рамках наукової тематики Сумського НАУ. Дослід включав три варіанти: контроль, Спорофіт, Біонорма Pseudomonas. Спорофіт (фітодоктор) – Сертифікований Органік Стандарт згідно Стандарту з виробництва допоміжних речовин, що можуть використовуватись в органічному сільському господарстві та переробці. Критерієм визначення процесу проростання була поява першого корінця. Кількість пророслого насіння реєстрували щоденно протягом 10 днів. Ідентифікацію проростання проводили візуально або за допомогою бінокулярної лупи для фіксації окремих деталей. Обробку насіння проводили препаратами на основі бактерій родів Bacillus (Спорофіт) та Pseudomonas (Біонорма), визначали не тільки загальний відсоток схожості насіння, але й такі показники як коефіцієнт швидкості проростання(CVG), індекс швидкості проростання (GRI), середній час проростання, (MGT), індекс схожості (GI), індекс сили росту (VI). Виявлено підвищення загальної схожості насіння кіноа на 20–22% та кращі значення всіх індексів при обробці препаратами. Зважаючи на екологічну безпечність компонентів препаратів Спорофіт та Біонорма доцільно їх використовувати не тільки для покращення схожості насіння кіноа, а й створення мікрогрін-продукції.

Ключові слова: *кіноа, насіння, схожість, індекси проростання, біопрепарати.*

DOI https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.4.8

Важливою передумовою створення високопродуктивних ценозів сільськогосподарських культур є формування вирівняного посіву з показниками густоти стояння рослин близькими до розрахункових. Досягнути таких характеристик можливо лише за умови використання якісного посівного матеріалу, забезпечення високого рівня польової схожості та виживаності рослин у ювенільні фази розвитку.

Для більшості сільськогосподарських культур процес проростання насіння та перехід проростків до автотрофного живлення розглядається як критичний період розвитку. Особливо гостро це питання стоїть для низки дрібно насіннєвих видів рослин, процеси доместикації яких сприяли виокремленню форм, здатних до формування максимальної кількості насіння. Одним із таких видів є кіноа. Плоди цього виду (як і його диких родичів) характеризуються різним рівнем ембріонального розвитку зародка та суттєво відрізняються за вмістом запасних поживних речовин.

Особливостями насіння кіноа є відсутність періоду спокою та висока гігроскопічність (Bhargava et al., 2007; Romero et al., 2018). Під впливом вологи насіння здатне проростати за короткий проміжок часу: від 6 до 10 годин (Souza et al., 2016; Trocenko, 2020).

Разом із тим насіння кіноа забезпечує більший потенціал зберігання, ніж у інших культур завдяки високій хімічній стабільності крохмалю та ліпідів (Marcos-Filho, 2015). Однак навіть за сприятливих умов зберігання насіння кіноа втрачає життєздатність швидше, ніж злаки через пористість оболонки, яка сприяє надходженню або втраті вологи та може ініціювати проростання навіть у волоті (Spehar, 2007). Такі особливості насіння кіноа вимагають належного зберігання насіння для уникнення можливого псування через неконтрольований рівень вологості й температури, пошкодження фітопатогенами (Ceccato et al., 2011; Ceccato et al., 2015).

У процесі зберігання насіння кіноа потребує низького рівня вологості і відзначається мінімальною фізіологіч-

ною активністю. Однак деякі неферментативні процеси відбуваються і за низького вмісту води. Це призводить до старіння насіння, викликаючи зміну функціональних білків, послаблює метаболічну систему та обмежує стійкість до ушкодження вільними радикалами та здатність відновлювати ушкодження протягом періоду проростання (Castellión et al., 2010). Кіноа втрачає здатність до проростання за короткий проміжок часу при зберіганні в неконтрольованих умовах навколишнього середовища, тому для забезпечення життєздатності та високих посівних якостей у післязбиральний період рекомендуються прохолодні умови при базовій вологості насіння біля 10% (Ayala et al., 2022; Romero et al., 2018; Souza et al., 2016).

Такі особливості плодів часто приводять до погіршення характеристик насіннєвого матеріалу кіноа, зниження його життєздатності та енергії проростання (Kappes et al., 2012). Низькі показники лабораторної, а особливо польової схожості (в умовах виробництва) можуть компенсуватися суттєвим збільшенням норми висіву, що в свою чергу знижує технологічні характеристики посівів (Belmonte et al., 2019).

Ефективним підходом у вирішенні зазначеної проблеми є використання прийомів, орієнтованих на підвищення якісних показників насіння кіноа, його здатності до проростання за рахунок таких заходів, як намочування, прогрівання, обробка бактеріальними препаратами, мелатоніном та мікрохвилями, сполуками селену та цинку (Bourhim et al., 2022; Gholami et al., 2022; Hajizadeh et al., 2022; Mamedi et al., 2017; Mahdi et al., 2022; Nadali et. al, 2012; Sera et al., 2008; Zrig et al., 2022). У покращенні схожості та життєздатності насіння позитивний ефект забезпечують зокрема ризобактерії, що сприяють росту рослин (PGPR) (Prashanthisandepogu, 2021; Mahdi et al., 2022).

Мета статті. Успішна інтродукція культури кіноа в зоні північно-східного Лісостепу України наразі реалізується передусім за рахунок створення нових сортів, адаптованих до ґрунтово-кліматичних умов цього регіону. Невирішеними залишається низка технологічних питань, пов'язаних з низькою польовою схожістю насіння та високою загибеллю рослин на початкових стадіях розвитку. Розв'язання цього завдання за рахунок покращення якості посівного матеріалу має забезпечити збільшення ефективності вирощування цієї перспективної культури.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження з культурою кіноа проводилися в 2022 році в рамках наукової тематики Сумського НАУ. Лабораторні дослідження передбачали виконання досліду з оцінювання ефективності використання бактеріальних препаратів для покращення показників якості насіння.

Дослід включав три варіанти: контроль, Спорофіт, Біонорма Pseudomonas. Спорофіт (фітодоктор) – Сертифікований Органік Стандарт згідно Стандарту з виробництва допоміжних речовин, що можуть використовуватись в органічному сільському господарстві та переробці (з врахуванням вимог Стандарту, що еквівалентний Постановам ЄС 834/2007 та 889/2008, сертифікат № 21-0116-12-01; Біонорма Pseudomonas – сертифікат № 20-0982-03/01)

Для дослідження було використане насіння, що зберігалося в неконтрольованих умовах упродовж трьох років (урожай 2019 р.). Насіння контролю намочували у воді. Обробку насіння препаратами проводили відповідно до інструкцій.

Насіння пророщували в ростильнях на фільтрувальному папері в 4-х повтореннях. Ростильні поміщали в термостат при 20°С. Критерієм визначення процесу проростання була поява першого корінця. Кількість пророслого насіння реєстрували щоденно протягом 10 днів. Ідентифікацію проростання проводили візуально або за допомогою бінокулярної лупи для фіксації окремих деталей. Для порівняння процесу проростання насіння різних варіантів досліду на основі обліків було розраховано показники проростання та використано такі формули:

загальний відсоток схожості (%) – на 10-й день:

$$Nge/Nt \times 100 \quad (1)$$

Nge – кількість пророслого насіння,

Nt – загальна кількість насіння;

коефіцієнт швидкості проростання, % (CVG):

$$CVG = N_i / (N_i \times T_i) \times 100 \quad (2)$$

де N_i – кількість насіння, пророслого на день ***i***, та T_i – кількість днів від початку посіву (Kader, 2005; Khan et al., 2022);

індекс швидкості проростання (GRI) (% / день):

$$GRI = G1/1 + G2/2 + \cdot\cdot\cdot + Gx/x \quad (3)$$

де G1 – відсоток проростання × 100 на перший день після посіву,

G2 – відсоток проростання × 100 на другий день після посіву тощо (Kader, 2005);

середній час проростання, дні (MGT):

$$MGT = \Sigma(N_i \times D_i)/N \quad (4)$$

Ni – кількість насіння, що проросло за ***i***-й інтервал часу, D_i – кількість днів від початку тесту, N – загальна кількість насіння, що проросло наприкінці експерименту (Kader, 2005; Ranal & Denise Garcia de Santana, 2006);

індекс проростання (схожості) (GI):

$$GI = (10 \times n1) + (9 \times n2) + \cdot\cdot\cdot + (1 \times n10) \quad (5)$$

n1, n2 . . . n10 = кількість пророслого насіння першого, другого і в наступні дні – до 10-го (Kader 2005);

потенційна схожість, % (GP):

GP = Загальна кількість пророслого насіння 4-й день / Загальна кількість насіння × 100% (6).

Статистичну обробку результатів проводили за допомогою пакету Statistica (версія 6.0).

Результати. Основними показниками якості насіння, що визначають рівень його життєздатності та забезпечують можливість порівняння різних способів обробки насіння є лабораторна схожість та енергія проростання. Разом із тим у окремих випадках насіннєві лабораторії можуть проводити додаткові аналізи, які забезпечують вищий рівень інформативності щодо диференціації партій насіння. У нашому випадку це використання додаткових показників та індексів, розповсюджених у світовій практиці.

Для оцінювання ефективності використання біопрепаратів для покращення показників життєздатності насіння були використані коефіцієнт енергії проростання (CVG), індекс швидкості проростання (GRI) та середній час проростання насіння (MGT) (табл. 1).

Таблиця 1

Показники швидкості проростання насіння кіноа

Варіанти	CVG, %	GRI, (% / день), %	MGT, дні
контроль	36,4	22,0	6,9
Спорофіт	49,3	55,0	4,7
Біонорма Pseudomonas	41,5	58,6	4,3
$НІР_{0,05}$	3,27	6,59	1,73

Інформативним показником швидкості проростання є CVG, оскільки ілюструє не лише кількість пророслого насіння, але і час необхідний для її досягнення. Цей показник буде вищим при збільшенні кількості пророслого насіння та зменшенні часу, необхідного для проростання. За результатами експерименту найкращий результат, а саме 49,3%, було відмічено на варіанті з обробкою насіння препаратом Спорофіт. Дещо менший (однак статистично суттєвий) ефект від обробки забезпечував препарат Біонорма.

На противагу попередньому показнику індекс GRI відображає динаміку процесу схожості – відсоток проростання насіння кожного дня впродовж всього періоду спостережень. Більш високі значення GRI вказують на вищу та швидшу схожість. Цей параметр не має будь-якої кореляції з днями «високої» та «низької» схожості, оскільки він рівномірно розподіляє відсоток у часі. Індекс GRI на варіантах з обробкою насіння препаратами значно перевищував контроль. У варіанті з обробкою Спорофітом цей показник складав 55, а з обробкою Біонорма – 59.

Точним показником часу, необхідного для проростання насіння, є середній час цього процесу (MGT). Чим нижчий MGT, тим швидше проростає зразок насіння. У наших дослідах мінімальне значення показника було відмічено на варіанті з обробкою препаратом Біонорма Pseudomonas – 4,3 дні. Близький (та статистично суттєвий порівняно до контролю) результат, а саме 4,7 дні, мав зразок оброблений препаратом Біонорма Pseudomonas.

Дещо інший аспект життєздатності насіння кіноа, а саме його схожість при обробці біопрепаратами (табл. 2). Зразки оцінювалися за показниками потенційної схожості (GP), індексу схожості (GI) та загальної схожості.

Загалом, зразки насіння, оброблені препаратами Спорофіт та Біонорма Pseudomonas мали суттєво вищі показники схожості порівняно до варіанту контролю. Найбільш чітко це проявлялося у випадках аналізу показників GP та GI. Різниця між значеннями контролю та досліду у варіанті з обробкою препаратом Спорофіт за цими показниками складала 1,8 та 1,4, а для варіанту з обробкою препаратом Біонорма Pseudomonas – 2,3 та 1,8 відповідно.

Повним інформативним показником, що поєднує як відсоток схожості насіння, так і швидкість його проростання (розбіжність подій проростання, тривалість та «високі/низькі» події) є індекс схожості – GI. (табл. 2, рис. 1).

Таблиця 2

Індекси схожості насіння кіноа

Варіанти	Потенційна схожість (GP), %	Індекс схожості (GI)	Загальна схожість, %
контроль	24,6	291,0	77,6
Спорофіт	42,4	413,0	88,2
Біонорма Pseudomonas	56, 2	526,5	85,1
$НІР_{0,05}$	9,21	56,32	3,12

а

б

в

Рис. 1. Проростки насіння кіноа на варіантах досліду: а) Контроль, б) Спорофіт, в) Біонорма Pseudomonas

Високі значення цього показника – 526,5 та 413,0 відмічено у варіанті з обробкою препаратом Біонорма Pseudomonas та Спорофіт відповідно, перевищення контролю складало 122-235.

Результати досліджень (табл. 3, рис. 1) вказують, що в основі позитивної дії препаратів було підвищення рівня життєздатності саме ослабленого насіння, оскільки частка мертвого насіння складала біля 13% незалежно від варіантів обробки.

Статистичний ефект дії препаратів проявлявся насамперед у показниках кількості аномальних сходів. Як ілюструє рисунок 2, основними типами відхилень під час проростання насіння були патології первинної структури проростка, а саме: недорозвинений корінець, гнилий корінець, відсутність корінця, аномальні сім'ядольні листки.

Обговорення. Проростання насіння є вирішальним етапом у житті виду. Мікробні інокулянти, що входять до складу бактеріальних препаратів, сприяють росту рослин та забезпечують стабільний ефект від їх використання у широкому спектрі екологічних умов (Qiuet al., 2019; Santos et al., 2019; Ilchenko et al., 2019). Наразі, у зв'язку з тяжінням сучасної культури кіноа до органічного землеробства, у світі спостерігається активізація саме цього напряму досліджень (Prashanthisandepogu, 2021).

У практичному аспекті найбільш реалізованими є шляхи використання PGPR-бактерій. Ці бактерії мають великий біотехнологічний та агропромисловий потенціал для органічного та сталого виробництва кіноа (Ortuño et al., 2014). Так, результати досліджень Adesemoye et al. (2009) та Singh et al. (2011) вказують на те, що позитивний ефект від використання штамів представників роду *Pseudmonas* (які входять до складу препарату Біонорма) відбувається передусім за рахунок збільшення концентрації сидерофорних сполук, вітамінів та гормонів росту в процесі утворення мікоризи.

Види Bacillus (складова препарату Спорофіт) стимулюють ріст рослин, завдяки вироблення рослинних гормонів, таких як ауксини, цитокініни і гіберелова кислота, а також шляхом впливу на рівень гормонів (Gutierrez-Manero et al. 2001; Salamone et al. 2001).

Отримані нами експериментальні дані стосовно покращення схожості насіння кіноа в результаті дії препаратів на основі бактерій родів *Bacillus* та *Pseudomonas* загалом відповідають теоретичним напрацюванням зазначених вище авторів. Комплексний аналіз показників швидкості проростання та загальної схожості насіння кіноа вказує, що збільшення (покращення) таких показників як у варіантах із використанням препаратів, передусім відбувалося за рахунок нормалізації (підсилення) процесів проростання насіння зі зниженим рівнем життєздатності і лише частково

Таблиця 3

Особливості проростання насіння кіноа після передпосівної обробки

Варіанти	Нормальне насіння (%)	Аномальні проростки (%)	Мертве насіння (%)
контроль	71,5	6,1	22,4
Спорофіт	86,2	2,0	11,8
Біонорма Pseudomonas	85,0	3,0	12,0
$НІР_{0,05}$	5,41		

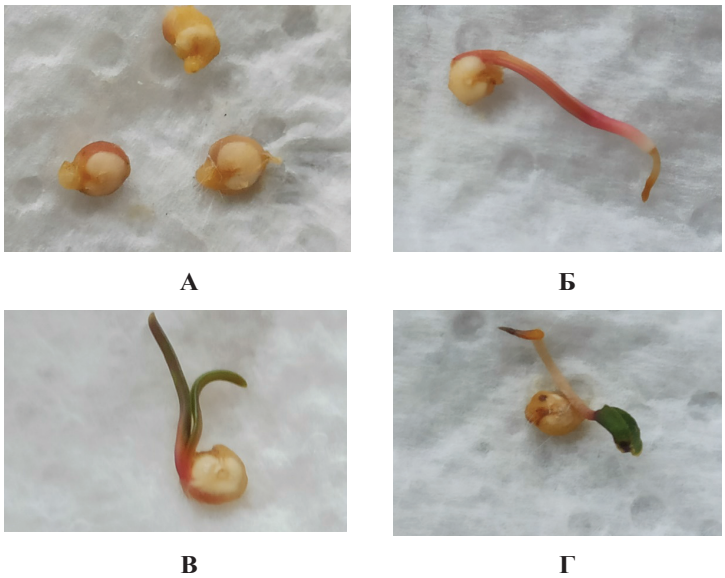


Рис. 2. Аномальне проростання насіння кіноа: А – мертве насіння; Б – насіння з гнилим корінцем; В – насіння з нерозвиненим корінцем; Г – насіння з недорозвиненим корінцем та аномальними сім'ядольними листками (фото автора)

за рахунок покращення швидкості та енергії проростання здорового насіння. Таким чином, потенційна ефективність таких способів обробки буде зростати зі збільшенням тривалості зберігання, високому рівні травмованості та при несприятливих умовах зберігання і навпаки.

У практичному аспекті ці характеристики мають забезпечити покращення показників польової схожості у випадках погіршення умов проростання, що буде супроводжуватися збільшенням частки ослаблених та аномальних проростків.

Обробка насіння препаратом Спорофіт може бути рекомендована як базовий елемент для отримання ювенільних рослин кіноа у технологіях мікрогрін. Підставою для цього є рішення Управління з харчових продуктів і медикаментів (FDA, США) щодо надання статусу GRAS (Generally Regarded as Safe) препаратам з використання штамів *Bacillus* як таких, що є безпечними для використання як біотехнологічних інокулянтів, у тому числі при отриманні кіноа-мікрогрін (Mahdi et al., 2022) (рис. 3).

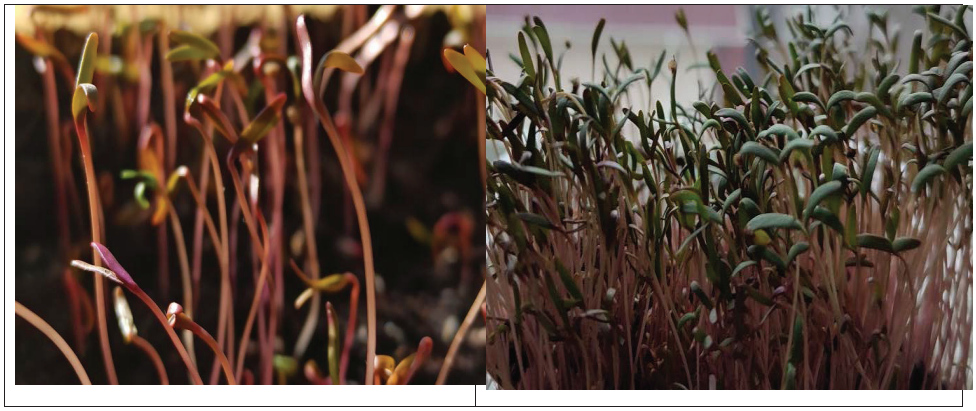


Рис. 3. Мікрогрін кіноа (сорт Квартет, фото автора)

Висновки. За результатами використання комплексу прямих показників та індексів інтенсивності проростання насіння кіноа встановлено, що використання біопрепарату Біонорма Pseudomonas в 2,6 рази покращує показники життєздатності насіння кіноа за показником індексу швидкості проростання та скорочення середньої тривалості проростання з 6,7 до 4,3 днів. Загальна лабораторна схожість насіння зросла із 77 до 86% .

Доведено, що покращення показників відбувається за рахунок оптимізації умов проростання насіння зі зниженим рівнем життєздатності. Близькі та статистично суттєві показники покращення швидкості та загальної частки пророслого насіння також забезпечує препарат Спорофіт. Останній може бути рекомендований як базовий елемент передпосівної підготовки насіння в технологіях мікрогрін.

Бібліографічні посилання:

1. Adesemoye, A. O. & Kloepper, J. W. (2009). Plantmicrobes interactions in enhanced fertilizer use efficiency. Appl Microbiol Biotechnol, 85, 1–12. doi: 10.1007/s00253-009-2196-0
2. Arash, M., Reza, T.A. & Mostafa, O. (2017). Cardinal temperatures for seed germination of three Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars. Iranian Journal of Field Crop Science, Special Issue, 89–100. doi: 10.22059/ijfcs.2017.206204.654106
3. Ayala, C., Fuentes, F. & Contreras, S. (2020). Dormancy and cardinal temperatures for germination in seed from nine quinoa genotypes cultivated in Chile. Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization, 18(3), 143–148. doi:10.1017/S1479262120000209
4. Belmonte, C., Soares de Vasconcelos, E., Lorenzetti, E., Alexandra da Silva Martinez, Pan, R., & Tauane Santos Brito (2019). Germination of quinoa seeds prevenient from agroecological and conventional crop systems Communications in Plant Sciences, 9, 6–12. doi: 10.26814/cps2019002
5. Bhargava, A., Shukla, S. & Deepak, Ohri (2007). Genetic variability and interrelationship among various morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Field Crops Research,101(1),104–116. doi: 10.1016/j.fcr.2006.10.001
6. Bhuker, A., Mor, V.S., Jakhar, S. S. & Puneeth Raj M. S. (2020). Seed quality testing study in Quinoa (Chenopodium quinoa Wild.). Bhartiya Krishi Anusandhan Patrika, 35, 87–90. doi: 10.18805/BKAP224
7. Bourhim, M. R., Cheto, S., Qaddoury, A., Hirich, A. & Ghoulam, C. (2022). Chemical seed priming with zinc sulfate improves quinoa tolerance to salinity at germination stage. Environ. Sci. Proc., 16, 23. doi: 10.3390/environsciproc2022016023
8. Castellión, M., Matiacevich, S., Buera, M. P. & Maldonado, S. (2010). Protein deterioration and longevity of quinoa seeds during long-term storage. Food Chemistry, 121, 952–958.
9. Ceccato, D., Bertero, D. & Batlla, D. (2011). Environmental control of dormancy in quinoa (*Chenopodium quinoa*) seeds: two potential genetic resources for pre-harvest sprouting tolerance. Seed Science Research, 21, 133–141. doi:10.1017/S096025851100002X

10. Ceccato, D., Bertero, D., Batlla, D., & Galati, B. (2015). Structural aspects of dormancy in quinoa (*Chenopodium quinoa*): importance and possible action mechanisms of the seed coat. Seed Science Research, 239(1), 1–9. doi: doi:10.1017/S096025851500015X

11. Gholami, S., Dehaghi, M. A., Rezazadeh, A. & Naji, A. M. (2022). Seed germination and physiological responses of quinoa to selenium priming under drought stress. Bragantia, 81, e0722. doi: 10.1590/1678-4499.20210183

12. Gómez-Ramírez, A., López-Santos, C., & Cantos, M (2017). Surface chemistry and germination improvement of Quinoa seeds subjected to plasma activation. Sci Rep., **7**, 5924. doi: 10.1038/s41598-017-06164-5

13. Guardianelli, L. M., Salinas, M. V., Brites, C., & Puppo, M. C. (2022). Germination of white and red quinoa seeds: improvement of nutritional and functional quality of flours. Foods, 11, 3272. doi: 10.3390/foods11203272

14. Gutiérrez-Mañero, F. J., Ramos-Solano, B., Probanza, A., Mehouachi, J. R. Tadeo, F. & Talon, M. (2001). The plant-growth-promoting rhizobacteria *Bacillus pumilus* and *Bacillus licheniformis* produce high amounts of physiologically active gibberellins. Physiologia Plantarum, 111, 206–211. doi: 10.1034/j.1399-3054.2001.1110211.x

15. Hajizadeh, Z., Balouchi, H., Salehi, A., Moradi, A. & Rezaei, R. (2022). Evaluation of the effect of bio-priming and seed coating on seed germination and seedling growth indices of Chenopodium Quinoa in cadmium stress. Plant Productions, 45(2), 215–228. doi: 10.22055/ppd.2022.38615.1994

16. Ilchenko, V, Trotsenko, V., Zhatova, H. & Kovalenko, I. (2019). Pre-sowing bacterial treatment and chemical fertilizer application impact on yield capacity and grain quality of hulless (*Avena nuda* L.) and hulled oats (*Avena sativa* L.) Journal of Central European Agriculture, 20 (3), 866–875. Access mode: https://jcea.agr.hr/en/issues/article/2 296

17. Kader, M. A. (2005). Comparison of seed germination calculation formulae and the associated interpretation of resulting data. Journal & Proceedings of the Royal Society of New South Wales, 138, 65–75.

18. Kappes, C., Arf, O., Ferreira, J. P., Portugal, J. R., Alcalde, M., Arf, M. V., & Vilela, R. G. (2012). Qualidade fisiológica de sementes e crescimento de plântulas de feijoeiro, em função de aplicações de paraquat em précolheita. Pesquisa Agropecuária Tropical, 42(1), 9–18. doi: 10.1590/S1983-40632012000100002

19. Khan, S., Ullah, A., Ullah, S., Saleem, M. H., Okla, M. K., Al-Hashimi, A., Chen, Y. & Ali, S. (2022). Quantifying temperature and osmotic stress impact on seed germination rate and seedling growth of eruca sativa mill. via hydrothermal time model. Life, 12, 400. doi: 10.3390/life12030400

20. Mahdi, I., Allaoui, A., Fahsi, N. & Biskri, L. (2022). Bacillus velezensis QA2 potentially induced salt stress tolerance and enhanced phosphate uptake in quinoa plants. Microorganisms, 10, 1836. doi: 10.3390/microorganisms-10091836

21. Marcos-Filho, J. (2015). Fisiologia de sementes de plantas cultivadas (2ed.). Abrates: Londrina, PR: Abrates, 659.

22. Nadali, F., Asghari, H. R., & Abbasdokht, H. (2021). Improved quinoa growth, physiological response, and yield by hydropriming under drought stress conditions. Gesunde Pflanzen, 73, 53–66. doi: 10.1007/s10343-020-00527-1

23. Ortuño N., Claros M., Gutiérrez C., Angulo M. & Castillo J. A. (2014). Bacteria associated with the cultivation of quinoa in the Bolivian Altiplano and their biotechnological potential. J. Revista de Agricultura, 53.

24. Panuccio, M. R., Jacobsen, S. E., Akhtar, S. S. & Muscolo, A. (2014). Effect of saline water on seed germination and early seedling growth of the halophyte quinoa. AoB PLANTS, 6, plu047. doi: 10.1093/aobpla/plu047

25. Pitzschke, A. (2016). Developmental peculiarities and seed-borne endophytes in quinoa: omnipresent, robust bacilli contribute to plant fitness. Front. Microbiol. 7,2. doi: 10.3389/fmicb.2016.00002

26. Prashanthisandepogu (2021). Quinoa seed germination and vigor index with bacterization of Pseudomonas aeruginosa Migula. (PGPR). Int. J. Curr. Microbiol. App.Sci., 10 (10), 439–443. doi: 10.20546/ijcmas.2021.1010.052

27. Ranal, M. A. & Denise Garcia de Santana (2006). How and why to measure the germination process? Braz J Bot [Internet]., Braz. J. Bot., 29(1). Available from: doi: 10.1590/S0100-84042006000100002

28. Rodrigues, D. B., Cavalcante, J. A., Almeida, A. S., Nunes, C. A., Serrão, A. F. A., Konzen, L. H., Suñé, A. S., & Tunes, L. V. M. D. (2020). Seed morphobiometry, morphology of germination and emergence of quinoa seeds 'BRS Piabiru'. Anais Da Academia Brasileira De Ciências, 92 (An. Acad. Bras. Ciênc., 92(1). doi: 10.1590/0001-3765202020181313

29. Romero, G., Heredia, A. & Chaparro-Zambrano, H. N. (2018). Germinative potential in quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) seeds stored under cool conditions. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 21(2), 341–350. doi: 10.31910/rudca.v21.n2.2018.1076

30. Santos, E. L., Póla, J. N., Barros, A. S. R., & Prete, C. E. C. (2007). Qualidade fisiológica e composição química das sementes de soja com variação na cor do tegumento. Revista Brasileira de Sementes, 29(1), 20–26.).

31. Sera, B., Stranak, V., Sery, M., Tichy, M. & Spatenka, P. (2008). Germination of Chenopodium album in response to microwave plasma treatment. Plasma Sci. Technol. 10, 506–511. doi: 10.1088/1009-0630/10/4/22

32. Singh, J. S., Pandey, V. C. & Singh, D. P. (2011). Efficient soil microorganisms: A new dimension for sustainable agriculture and environmental development. Agri. Eco. Environ., 140, 339–353. doi: 10.1016/j.agee.2011.01.017

33. Souza, F. F. J., Devilla, I. A., de Souza, R. T. G., Teixeira, I. R. & Spehar, C. R. (2016). Physiological quality of quinoa seeds submitted to different storage conditions. African Journal of Agricultural Research, 11(15), 1299–1308. doi: 10.5897/AJAR2016-10870

34. Spehar, C. R. (2007). Quinoa: alternative para diversificação agrícola e alimentar. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados., 103. Access mode: http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/570429

35. Sturz, A., Christie, B. & Nowak, J. (2000). Bacterial endophytes: potential role in developing sustainable systems of crop production. Critical Reviews in Plant Sciences Prince Edward Island. Canada, 19 (1), 1–30. doi: 10.1080/07352680091139169

36. Salamone, G. I. E , Hynes, R. K. & Nelson, L. M. (2001). Cytokinin production by plant growth promoting rhizobacteria and selected mutants. Canad. J. Microbiol., 47, 404–411. doi: 10.1139/w01-029. PMID: 11400730.

37. Testen, A. L., Magnus, M. C. & Backman Paul A. (2022). Plant-growth-promoting traits of bacillus species associated with quinoa (Chenopodium quinoa) and lambsquarters (Chenopodium album). Plant Health Progress, 23(3), 292–299. doi: 10.1094/PHP-09-21-0121-RS

38. Trotsenko, V. I., Melnyk, A. V. & Trotsenko N. V. (2020). Doslidzhennia bazovykh kharakterystyk nasinnia kinoa. [Studies of the basic characteristics of quinoa seeds.] Bulletin of the Sumy National Agrarian University. Series "Agronomy and biology», 1 (39), 71–77. (in Ukrainian). doi: 10.32845/agrobio.2020.1.9

39. Zrig, A., Saleh, A. M., Sheteiwy, M. S., Hamouda, F., Selim, S., Abdel-Mawgoud, M., Almuhayawi, M. S., Okla, M.K., Abbas, Z. K., Wahidah, H., Al-Qahtani, Yehia R. S. & Abd, E. H. (2022). Melatonin priming as a promising approach to improve biomass accumulation and the nutritional values of *Chenopodium quinoa* sprouts: A genotype-based study. Scientia Horticulturae, 301, 111088. doi: 10.1016/j.scienta.2022.111088

Trotsenko N. V., *PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine*

Zhatova H. O., *PhD (Agricultural Sciences), Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine*

Germination characteristics of quinoa seeds

Seeds, as the organ of plant reproduction, play an important role in the preservation and reproduction of species. Seed quality is important for crop use in agricultural production and it depends on genetic, physiological and physical characteristics. Obtaining quality seed is one of the most important stages, and it is associated with many factors. Genetic aspects and cultivation systems are the leading ones. Because of the specific chemical composition of quinoa seeds and peculiarities of exocarp structure, loses its germination potential in a short period of time when stored in uncontrolled environmental conditions. Various techniques are used to improve the seed quality and their ability to germinate: soaking, heating, treatment with bacterial preparations, selenium and zinc compounds. The purpose of the research was to study the possibilities of pre-sowing treatment for improving the sowing qualities of quinoa seeds with reduced germination ability and to research the germination characteristics of seed samples. Seed treatment was carried out with preparations based on bacteria of the genera Bacillus (Sporofit) and Pseudomonas (Bionorma). The total percentage of seed germination was determined as well as such indicators as the germination rate coefficient (CVG), the germination rate index (GRI), the average germination time (MGT), germination index (GI), growth index (VI). An increase in the general germination of quinoa seeds by 20–22% and better values of all indices after treatment with biological preparations were revealed. Taking into account the environmental safety of the components of the Sporofit and Bionorma preparations, it is advisable to use them not only to improve the germination of quinoa seeds, but also to create microgreen products.

Key words: *quinoa, seeds, germination, germination indices, biological preparations.*

УДК 574.24

ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ АСПЕКТИ РЕАГУВАННЯ РОСЛИН НА ЗАСОЛЕННЯ ҐРУНТУ (ОГЛЯДОВА)

Хе Сунтао
аспірант
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0003-1250-5754
805986863@qq.com

На сучасному етапі засолення зазнає близько 20 % орних земель світу, а річні втрати світового сільського господарства, обумовлені поширенням таких земель, сягають близько 12 млрд доларів. Встановлення механізмів, які лежать в основі адаптації рослин до цього екочинника, є актуальною науковою проблемою, важливою як з теоретичної, так і з практичної точок зору. У публікації, на основі аналізу літературних джерел, надана інформація про фізіолого-біохімічні аспекти реагування рослин на засолення ґрунтів. Висвітлено зміни, які виникають в рослині під дією сольового стресу та у процесі протидії йому. Відзначається, що на тлі засолення у рослин може виникати осмотичний стрес. При цьому змінюються параметри, пов'язані з водою, включаючи вміст води у клітині, водний потенціал і осмотичний потенціал. Відбувається зменшення швидкості росту листків, інтенсивності процесу фотосинтезу, зміна стану продихів, гальмується ріст пагонів. Накопичення великої кількості іонів солей змушує рослини використовувати більше енергії на поглинання води з ґрунту та підтримання внутрішнього гомеостазу. Відзначено, що під впливом сольового стресу активізується накопичення активних форм кисню та виникає окисне пошкодження клітин та їхніх структур. Це негативно впливає на стабільність білків. Маркером окислювального пошкодження рослин за умов сольового стресу є й перекисне окислення ліпідів мембран. Показано, що натепер дослідження механізму адаптації рослин до стресу перемістилися із фізіологічного та екологічного рівнів на молекулярний. При цьому встановлено п'ять генів стійкості до солей (SOS1-SOS5). Доведено, що засобом подолання окислювального стресу є активація антиоксидантних ферментів та синтез захисних білків, зокрема білків LEA, які мають здатність протидіяти дегідратації й забезпечувати захист клітин від осмотичного стресу. Наведені факти засвідчують, що відповідь рослин на дію високих концентрацій солей є складною та комплексною і включає багато скоординованих процесів. Низка з них ще знаходиться у стані активного вивчення. Тому успішність з'ясування механізмів солестійкості рослин тісно пов'язана із загальним розвитком науки. На сучасному етапі ступінь деталізації розкриття проблеми суттєво підвищився завдяки застосуванню новітніх методик та технологій, у тому числі й тих, що роблять можливим розкривати сутність адаптаційних процесів, починаючи із молекулярного рівня та реалізації генетичного контролю.

Ключові слова: *засолення ґрунту, галофіти, сольовий стрес, осмотичний стрес, адаптація.*

DOI https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.4.9

Вступ. Засолення ґрунтів – це процес накопичення в ґрунтах або поверхневому шарі ґрунту легко розчинних солей. Залежно від їхнього складу, вирізняють кілька основних видів засолення: хлоридне, сульфатне, содове (Shi Yuanchun, 1996; Zhu, 2001; Liang et al 2018). Воно є результатом дії природних та (чи) антропогенних чинників (Liu et al., 2001; Bian et al., 2008; Fang et al., 2005; Skliar, 2015). При цьому із числа перших поширенню засолення сприяє посушливий клімат, а із числа других – недотримання технологій та екологічних нормативів при господарюванні, наприклад, під час зрошення (Amezketa, 2006; Huang Mingyong et al., 2009).

На сучасному етапі засолення зазнає близько 20 % орних земель світу, (Hossain, 2019). На його тлі, здебільшого унаслідок зменшення врожайності та якості продукції (Liang et al 2018), річні втрати світового сільського господарства сягають близько 12 млрд доларів (Flowers & Colmer, 2008). Зазначені факти, у свою чергу, безпосередньо пов'язані із тими змінами, які відбуваються в рослинах під впливом сольового стресу.

Відповідь рослин на дію високих концентрацій солей є складною та комплексною і включає у себе велику кількість різних процесів, що мають бути чітко скоординованими (Isaienkov, 2012, Derkach & Romaniuk, 2016, Pererva, 2019). Встановлення механізмів, які лежать в основі адаптації рослин до засолення, є актуальною науковою проблемою, важливою як з теоретичної, так і з практичної точок зору. Натепер над нею працюють багато вчених та, відповідно, вже накопичений значний обсяг даних. Тому, метою даної публікації визначено: здійснити аналіз та узагальнення літературних матеріалів, які розкривають еколого-фізіологічні аспекти реагування та адаптації рослин на засолення ґрунту.

У літературних джерелах відзначається, що на тлі засолення у рослин може виникати осмотичний стрес, а на рівні особини загалом – іонний дисбаланс (Bartels & Sunkar, 2005; Munns & Tester, 2008; Krasensky & Jonak, 2012; Horie et al., 2012). Пошкодження рослин іонами солі поділяють на пряме та непряме. Перше з них зазвичай спричиняється осмотичним стресом та іонною токсичністю, а друге – проявляється у вторинних реакціях, які виникають під дією прямих пошкоджень (Munns, 2005; Zhu, 2003).

Осмотичний стрес відбивається на рості клітин та на метаболічних перетвореннях. Він може швидко змінити параметри, пов'язані з водою, включаючи відносний вміст води, водний і осмотичний потенціали у листках. Відбувається зменшення швидкості росту листків, інтенсивності процесу фотосинтезу, зміна стану продихів та гальмується ріст пагонів (Jabeen & Ahmad, 2012;

Munns & Tester, 2008). Накопичення великої кількості іонів солей змушує рослини використовувати більше енергії на поглинання води з ґрунту та підтримання внутрішнього гомеостазу (Muhammad Akram et al., 2002). Накопичення токсичних іонів під впливом сольового стресу є основною причиною пригнічення росту рослин (Yu Haiying et al., 2005).

Сольовий стрес найчастіше спричиняється NaCl. Порівняно з накопиченням Na^+ у коренях, його концентрація у листках рослини завдає їй більшої шкоди, оскільки супроводжується їхньою етіоляцією та некрозом (Munns, 2002, 2005; Zhu, 2001, 2003).

Під впливом сольового стресу активізується накопичення активних форм кисню (АФК) та виникає окисне пошкодження клітин і їхніх структур (Yamaguchi & Blumwald, 2005). Ці форми кисню негативно впливають на стабільність білка, особливо на стан таких амінокислот як тирозин, фенілаланін, триптофан і цистеїн (Sairam & Srivastava, 2002), а також можуть пригнічувати активність ферментів (Bose et al., 2013). Перекисне окислення ліпідів мембрани розглядається як маркер окислювального пошкодження рослин за умов сольового стресу (Elkahoui et al., 2004). Тобто механізми впливу сольового стресу на рослини, як і їхнє реагування на такий вплив, є досить потужними і різноплановими (Chinnusamy et al., 2005).

Залежно від здатності зростати на засолених ґрунтах рослини традиційно поділяють на галофіти та глікофіти (Greenway & Munns, 1980; Flowers & Colmer, 2008). Завдяки розвитку молекулярної біології, дослідження механізму адаптації рослин до стресу перемістилися із фізіологічного та екологічного рівнів на молекулярний. Сучасні дослідження мають на меті не лише пояснення механізму адаптації рослин до стресу, а й забезпечення отримання різних генів толерантності для селекції культур (Zhu, 2003).

Цитоплазма рослин не може переносити високі концентрації солі, тому їм необхідно обмежити надлишок солі, що надходить у вакуолі, інші компартменти та тканини. Натепер встановлено п'ять генів стійкості до солі: SOS5, SOS4, SOS3, SOS2 і SOS1 (Liu et al., 2000; Shabala et al., 2005). Ген SOS1 кодує поліпептид масою 127 кДа, що містить 1146 амінокислотних залишків (Zhu, 2003; Shabala et al., 2005). SOS1 захищає транспорт іонів K^+ плазматичної мембрани під час сольового стресу (Shabala et al., 2005). Ген SOS2 кодує серин/треонін протеїнкіназу, що містить 446 амінокислот (Liu et al., 2000), з молекулярною масою близько 51 кДа. SOS2, взаємодіючі із іонами Na^+ та H^+, впливає на їхню активність обміну та спрямовує надлишок Na^+ до вакуолярних областей, таким чином сприяючи іонному балансу (Qiu et al., 2002). Окрім того, деякі вчені виявили, що SOS2 ідентифікує зміни у стані довкілля шляхом диференційованої регуляції SOS1 і та обміну іонів H^+ та Ca^{2+} (Cheng et al., 2001). Ген SOS3 кодує білок, що зв'язує кальцій (Liu & Zhu, 1998). При зміні рівня Ca^{2+}, SOS3 взаємодіє із SOS2. Через SOS3 протеїнкіназний комплекс SOS3/SOS2 активує SOS1, а активований SOS1 виводить надлишок Na^+, тим саме сприяючи підтриманню балансу Na^+ (Liu & Zhu, 1998; Liu et al., 2000). Отже, три гени, SOSI, SOS2 і SOS3 беруть активну участь у передачі сигналу, пов'язаного із підтриманням внутрішньоклітинного іонного балансу (Liu & Zhu, 1998; Shi et al., 2000; Liu et al., 2000; Qiu et al., 2002; Guo et al, 2001).

Ген SOS4 широко експресується у всіх тканинах рослин і є важливим кофактором для багатьох внутрішньоклітинних ферментів та регулює активність специфічних транспортерів іонів у клітинах (Shi & Zhu, 2002). Порівняно із рослинами природної флори, генетично модифіковані рослини, що містять SOS4, накопичують більше Na^+ і зберігають менше K^+ (Shi et al., 2002). Тобто, SOS4 стає новим визначальним чинником, який потужно регулює баланс Na^+ і K^+, забезпечуючи стійкість рослин до засолення. Ген SOS5 кодує поліпептид, що містить 420 амінокислотних залишків. Він концентрується на зовнішній поверхні плазматичної мембрани (Shi et al., 2003). SOS5 може відігравати певну роль у міжклітинній адгезії, підтримці цілісності клітинної стінки та стійкості клітин в умовах сольового стресу (Shi et al., 2003; Mahajan et al., 2008).

Окислювальний стрес виникає і на тлі спільної дії засолення і посухи. Під час стресу, спричиненого засоленням, у наслідок активного закриття продихів, доступність CO_2 атмосфери знижується, а також зменшується споживання НАДФ та ініціюєтся ланцюгова реакція з утворенням більш шкідливих вільних радикалів кисню (Hsu & Kao, 2003). Спостерігається порушення метаболізму через окислювальне пошкодження ліпідів, білків і нуклеїнових кислот (McCord, 2000). На противагу цим негативним впливам, у рослин сформувалася антиоксидантна система захисту ферментів, а також неферментативна система молекулярного захисту, складовими якої є глутатіон, аскорбінова кислота, каротиноїди та ін. (Shigeoka et al., 2002).

Задля подолання окислювального стресу, рослини видаляють надлишок АФК шляхом активації антиоксидантних ферментів. Ступінь окислювального пошкодження при цьому безпосередньо визначається властивостями антиоксидантної системи рослин (Tanaka et al., 2005). Результати досліджень доводять існування кореляції між антиоксидантною здатністю та толерантністю до сольового стресу у цитрусових (Gueta-Dahan et al., 1997), пшениці (Meneguzzo et al., 1999), фасолі (Bayuelo-Jiménez et al., 2003), томатів (Koca et al., 2006), рису (Vaidyanathan et al., 2003), портулака (Yazici et al., 2007). Трансгенні рослини, які надмірно експресують ферменти поглинання АФК, мають підвищену толерантність до осмотичного, температурного та окисного стресу (Wang et al., 1999; Roxas et al., 2000; Badawi et al., 2004).

За нормальних умов виробництво АФК та його нейтралізація в рослинах знаходяться у динамічній рівновазі. Під час сольового стресу цей баланс порушується. Відповідно, система поглинання АФК відіграє дуже важливу роль у фізіології стійкості рослин до впливу солі (Jie Chen & Xifeng Lin, 2003).

Основним результатом сольового стресу є втрата внутрішньоклітинної води. Рослини накопичують багато метаболітів, і ці «адаптивні (осмотичні) розчини» у цито-

плазмі підвищують гіперосмотичну толерантність до втрати води, викликаної сольовим стресом. Висока осмотична концентрація врівноважує високу концентрацію позаклітинної солі, з одного боку, і нейтралізує високі концентрації іонів Na^+ і Cl^- у вакуолі, з іншого (Flowers & Colmer, 2008).

У забезпеченні органічній осморегуляції задіяні такі речовини як пролін, бетаїн, поліамін, гліцерин, сорбіт та інозит, а також деякі розчинні цукри та розчинні білки. При цьому провідну роль відграє пролін (Smirnoff & Cumbes, 1989; Liu & Zhu, 1997; Didenko et al, 2016). Існують два основні механізми накопичення проліну під впливом сольового стресу: по-перше, – це активізація біосинтезу (Yoshiba et al, 1995); по-друге, – зниження його окислювальної деградації (Zhao Kefu & Li Fazeng, 1999). Посилений синтез проліну в умовах посухи або сольового стресу може пом'якшити цитоплазматичний ацидоз і підтримувати співвідношення НАДФ+/НАДФН на необхідному метаболічному рівні (Babivchuk et al., 1995). Доведено, що сольовий стрес значно збільшив накопичення проліну в листках двох сортів рису і це сприяло їхній осмотичній адаптації та зростанню толерантності до засолення (Demiral & Türkan, 2006).

У рослин та багатьох інших організмів, включаючи бактерії, водорості та гриби, тварин у відповідь на деякі абіотичні стреси синтезується та накопичується гліцинбетаїн (GB) (Rhodes & Hanson, 1993). Він захищає вищі рослини і від сольового/осмотичного стресу, забезпечуючи осмотичну функцію. Кореляція між захисним ефектом GB і системою антиоксидантного захисту зареєстрована у рису (Demiral & Türkan, 2006), у томатів (Park et al., 2006), пшениці (Ma et al., 2006; Raza et al., 2007), тютюну (Hoque et al., 2007).

Рослини мають здатність швидко сприймати й активно адаптуватися до змін зовнішнього середовища. Ця стратегія сприйняття та активної адаптації до змін довкілля, є результатом передачі сигналів стресу, яка включає три етапи: сприйняття сигналів стресу рослиною, передача сигналів стресу, їхнє розпізнавання та реагування на них (Tamura et al., 2003). Наразі відомі шляхи передачі сигналу, пов'язані із толерантністю рослин до солі, які в основному включають шлях передачі сигналу SOS, шлях передачі сигналу протеїнкінази, шлях передачі сигналу протеїн-фосфатази, шлях передачі сигналу Ca^{2+} і кальмодуліну, шлях передачі сигналу осмотичного стресу тощо.

Ca^{2+} є активною молекулою-інформатором у клітинах вищих рослин. Холод, посуха та сольовий стрес можуть спричинити зміни в цитозольній концентрації Ca^{2+} , що є сигналом для розгортання подальших подій (Zhang Xiaolei et al., 2008). У формуванні стійкості рослин до сольового стресу відіграють важливу роль мембранні антитранспортери Na^+/H^+, розташовані у вакуолярній мембрані та плазматичній мембрані відповідно (Barkla & Pantoja, 1996; Liu Yan et al., 1997; Chen Guanping et al., 2006).

Під впливом сольового стресу в рослинах деякі шляхи синтезу білків пригнічуються, однак синтезуються захисні білки. Важливе значення має синтез у клітинах білків сольового стресу (Yamada et al., 1995; Maurel, 1997; Suga et al., 2002). У вегетативних тканинах, зневоднених стресами, такими як посуха, низька температура та солоність, синтезуються білки, які називаються білками LEA (від англ.: Late Embryogenesis Abundant) (Ingram & Bartels, 1996). Білок LEA може функціонувати як захисний агент від дегідратації, для захисту клітин від зниження водного потенціалу під час дозрівання насіння, висихання та осмотичного стресу. Стресостійкість трансгенних рослин позитивно корелює із накопиченням білка LEA, що стало прямим доказом основної ролі білка LEA у процесі солестійкості рослин (Wu et al., 1996).

Солестійкість рослин є складною ознакою, що контролюється декількома генами. Роль одного гена у процесі забезпечення стійкості рослин до солі обмежена. Наразі наукові дослідження увійшли в постгеномну еру, тобто еру функціонального геному. У постгеномну еру протеоміка поступово стає важливим методом вивчення функції генів (Pandey & Mann, 2000). Оскільки білки беруть участь у більшості процесів життєдіяльності, протеомні дослідження допомагають більш детально зрозуміти біологічні функції клітин на молекулярному рівні, у тому числі й протеси, пов'язані із забезпеченням солестійкості (Tanaka & Mitsui, 2005).

Висновки. Проведений аналіз літературних джерел свідчить, що реагування та адаптація рослин до засолення супроводжуються протіканням низки фізіолого-біохімічних процесів. Вони реалізуються на різних рівнях організації живого, починаючи із найнижчих. У аспекті забезпечення пристосування та виживання рослин в умовах засолення, важливу роль, зокрема, відграє функціонування генів солестійкості, формування антиоксидантної системи захисту ферментів, активізація синтезу проліну та інших адаптивних речовин, накопичення гліцинбетаїну. Успішність з'ясування механізмів солестійкості тісно пов'язана із загальним розвитком науки. На сучасному етапі ступінь деталізації розкриття проблеми суттєво підвищився завдяки застосуванню новітніх методик та технологій, у тому числі й тих, що дозволяють розкривати сутність адаптаційних процесів, починаючи із молекулярного рівня та реалізації генетичного контролю. Ці підходи є перспективними та, безумовно, дозволять поглибити наші знання як про сутність, так і взаємодію процесів, які відбуваються в рослинах під дією високих концентрацій солей.

Бібліографічні посилання:

1. Amezketa, E. (2006). An integrated methodology for assessing soil salinization, a pre-condition for land desertification. Journal of Arid Environment, 67, 594–606. doi: 10.1016/j.jaridenv.2006.03.010

2. Babivchuk, E., Kushnir, S., Belles-Boix, E., Montagu, M. & Inzé, D. (1995). Arabidopsis thaliana NADPH oxidoreductase homologs confer tolerance of yeasts towards the thiol-oxidizing drug diamide. Journal of Biological Chemistry, 270(44), 26224–26231. doi: 10.1074/jbc.270.44.26224

3. Badawi, G.H. Kawano, N., Yamauchi, Y., Shimada, E., Sasaki, R., Kubo, A. & Tanaka, K. (2004). Over-expression of ascorbate peroxidase in tobacco chloroplasts enhances the tolerance to salt stress and water deficit. Physiologia Plantarum, 121(2), 231–238. doi: 10.1111/j.0031-9317.2004.00308.x

4. Barkla, B.J. & Pantoja, O. (1996). Physiology of ion transport across the tonoplast ofhigher plants. Annual Review of Plant Physiologyand Plant Molecular Biology, 47, 159–184. doi: 10.1146/annurev.arplant.47.1.159

5. Bartels, D. & Sunkar, R. (2005). Drought and salt tolerance in plants // Critical Reviews in Plant Sciences, 24, 1, 23–58. doi: 10.1080/07352680590910410

6. Bayuelo-Jiménez, J.S, Debouck, D.G. & Lynch, J.P. (2003). Growth, gas exchange, water relations, and ion composition of Phaseolus species grown under saline conditions. Field Crops Research, 80(3), 207–222.

7. Bian, J. M., Tang, J. & Lin, N. F. (2008). Relationship between saline-alkali soilformation and neotectonic movement in Songen Plain, China. Environ Geol, 55(7), 1421□1429

8. Bose, J., Rodrigo-Moreno, A. & Shabala, S. (2014). ROS homeostasis in halophytes in the context of salinity stress tolerance. J Exp Bot, 65, 1241–1257. doi: 10.1093/jxb/ert430

9. Chen, Guanping, Wang, Huizhong, Shi, Nongnong & Chen, Shouyi (2006). Advances in the relationship between Na+/H+ reverse transporters and salt tolerance in plants. Chinese Journal of Biological Engineering, 26(5), 101–106.

10. Cheng, N., Pittman, J.K., Zhu, J. & Hirschi, K. (2001). The protein kinase SOS2 activates the Arabidopsis H^+/Ca^{2+} antiporter CAX1 to integrate calcium transport and salt tolerance. Journal of Biology Chemistry, 279 (4), 2922–2926. doi: 10.1074/jbc.M309084200

11. Chinnusamy, V., Jagendorf, A. & Zhu, J.K. (2005). Understanding and improving salt tolerance in plants. Crop Science, 45(2), 437–448

12. Demiral, T. & Türkan, I. (2006). Exogenous glycinebetaine affects growth and proline accumulation and retards senescence in two rice cultivars under NaCl stress. Environmental and Experimental Botany, 56(1), 72–79. doi: 10.1016/j.envexpbot.2005.01.005

13. Derkach, V. & Romaniuk, N. D. (2016). Vplyv zasolennia gruntu na roslynni orhanizmy [The influence of soil salinity on plant organisms]. Nauk. zap. Ternop. nats. ped. un-tu. Ser. Biol., 3–4, 67, 91–106 (in Ukrainian).

14. Didenko, N.O., Volkov, R.A. & Panchuk, I.I. (2016). Vplyv solovoho stresu na vmist prolinu ta polifenolnykh spoluk u Arabidopsis thaliana [Effects of saline stress on proline and polyphenolic compounds content in Arabidopsis thalianan]. Biolohichni systemy, 8(1), 35–39 (in Ukrainian).

15. Elkahoui, S., Smaoui, A., Zarrouk, M., Ghrir, R. & Limam, F. (2004). Salt-induced lipid changes in Catharanthus roseus cultured cell suspensions. Phytochemistry, 65, 1911–1917. doi: 10.1016/j.phytochem.2004.06.021

16. Fang, H. L. Liu, G. H. & Kearney, M. (2005). Georelational analysis of soil typesoil salt content, land form, and land use in the Yellow River Delta, China. Environmental Management, 35 (1), 72-83, doi: 10.1007/s00267-004-3066-2

17. Flowers, T. J. & Colmer, T. D. (2008). Salinity tolerance in halophytes. New Phytol, 179, 945–953. doi: 10.1111/j.1469-8137.2008.02531.x

18. Greenway, H. & Munns, R. (1980). Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. Annuals Review of Plant Physiology, 31, 149–190.

19. Gueta-Dahan, Y., Yaniy, Z., Zilinskas, B.A. & Ben-Hayyim, G. (1997). Salt and oxidative stress: similar and specific responses and their relation to salt tolerance in Citrus. Planta, 203(4), 460–469. doi: 10.1007/s004250050215

20. Guo, Y., Halfter, U., Ishitani, M. & Zhu, J.K. (2001). Molecular characterization of functional domains in the protein kinase SOS2 that is required for plant salt tolerance. The Plant Cell, 13(6), 1383–1399. doi: 10.1105/tpc.13.6.1383

21. Haiying, Yu, Tingxuan, Li & Jianmin, Zhou (2005). Secondary Salinization of soil and its effects on soil properties. Soil, 37, 581–586.

22. Hoque, M.A., Banu, M.N.A., Okuma, E., Amako, K., Nakamura, Y., Shimoishi, Y. & Murata, Y. (2007). Exogenous proline and glycinebetaine increase NaCl-induced ascorbate-glutathione cycle enzyme activities and proline improves salt tolerance more than glycinebetaine in tobacco Bright Yellow-2 suspension-cultured cells. Journal of Plant Physiology, 164(11),

23. Horie, T, Karahara, I & Katsuhara, M. Salinity tolerance mechanisms in glycophytes: An overview with the central focus on rice plants. Rice, 2012, 5, 11. doi: 10.1186/1939-8433-5-11

24. Hossain, M. (2019). Present Scenario of Global Salt Affected Soils, its Management and Importance of Salinity Research. International Research Journal of Biological Sciences, 1, 1–3.

25. Hsu, S.Y. & Kao, C.H. (2003). Differential effect of sorbitol and polyethylene glycol on antioxidant enzymes in rice leaves. Plant Growth Regulation, 39(1), 83–90. doi: 10.1023/A:1021830926902

26. Huang, Mingyong, Zhang, Minsheng, Zhang, Xing (2009). Study on technical approaches of urban greening in coastal Saline-alkali Land Area. Review of 20 Years of Salt flat greening in Tianjin Development Area. Chinese Landscape Architecture, 9, 7.

27. Ingram, J. & Bartels, D. (1996). The molecular basis of dehydration tolerance in plants. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 47, 377–403. doi: 10.1146/annurev.arplant.47.1.377

28. Isaienkov, C. V. (2012). Fiziolohichni ta molekuliarni aspekty solovoho stresu Roslyn [Physiological and molecular aspects of plant salt stress]. Tsytolohyia y henetyka, 46(5), 50–71 (in Ukrainian). doi: 10.3103/S0095452712050040

29. Jabeen, N. & Ahmad, R. (2012). Improvement in growth and leaf water relation parameters of sunflower and safflower plants with foliar application of nutrient solutions under salt stress. Pak. J. Bot , 44, 1341–1345.

30. Jie, Chen & Xifeng, Lin. Research progress on physiology and mechanism of salt tolerance in plants (2003). Journal of Hainan University (Natural Science Edition), 21(2), 177–182

31. Krasensky, J., Jonak, C. (2012). Drought, salt, and temperature stress-induced metabolic rearrangements and regulatory networks. J. Exper. Bot., 63, 4, 1593–1608. doi: 10.1093/jxb/err460

32. Liang, W., Ma, X., Wan, P. & Liu. L. (2018). Plant salt-tolerance mechanism: A review. Biochemical and Biophysical Research Communications, 495, 286–291. doi: 10.1016/j.bbrc.2017.11.043

33. Liu Yan, Peng Xuexian, Xie Youju, Dai Jingrui (1997). Advances in genetic engineering of plant resistance to osmotic stress. Advances in Bioengineering, 17(2), 31–38.

34. Liu, H., Xu, J. W. & Wu, X. Q. (2001). Present situation and tendency of saline-alkalisoil in west Jilin Province. J. Journal of Geographical Sciences, 11(3), 321–328.

35. Liu, J. & Zhu, J. K. (1998). A calcium sensor homolog required for plant salt tolerance. Science, 280(5371), 1943–1945.

36. Liu, J. P. & Zhu, J. K. (1997). Proline accumulation and salt-stress-induced gene expression in salt-hypersensitive mutant of Arabidopsis. Plant Phssiology, 114(2), 591–596. doi: 10.1104/pp.114.2.591

37. Liu, J., Ishitani, M., Halfter, U., Kim, C.S. & Zhu, J.K. (2000). The Arabidopsis thaliana SOS2 gene encodes a protein kinase that is required for salt tolerance. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 97(7), 3730–3734. doi: 10.1073/pnas.97.7.3730

38. Liu, J., Ishitani, M., Halfter, U., Kim, C.S. & Zhu, J.K. (2000). The Arabidopsis thaliana SOS2 gene encodes a protein kinase that is required for salt tolerance. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 97(7), 3730–3734. doi: 10.1073/pnas.97.7.3730

39. Ma, Q.Q., Wang, W., Li, Y.H., Li, D.Q. & Zou, Q. (2006). Alleviation of photoinhibition in drought-stressed wheat (Triticum aestivum) by foliar-applied glycinebetaine. Journal of Plant Physiology, 163(2), 165–175. doi: 10.1016/j.jplph.2005.04.023

40. Mahajan, S., Pandey, G.K. & Tuteja, N. (2008). Calcium-and salt-stress signaling in plants: Shedding light on SOS pathway. Archives of Biochemistry and Biophysics, 471(2), 146–158. doi: 10.1016/j.abb.2008.01.010

41. Maurel, C. (1997). Aquaporins and water permeability of plant membranes. Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 48, 399–429. doi: 10.1146/annurev.arplant.48.1.399

42. McCord, J.M. (2000). The evolution of free radicals and oxidative stress. The American Journal of Medicine, 108(8), 652–659. doi: 10.1016/s0002-9343(00)00412-5

43. Meneguzzo, S., Navari-Izzo, F.& Izzo, R. (1999). Antioxidative responses of shoots and roots of wheat to increasing NaCl concentrations. Journal of Plant Physiology, 155(2), 274–280. doi: 10.1016/S0176-1617(99)80019-4

44. Muhammad, Akram, Shamshad, Akhtar & Ejaz, Rasul (2002). Impact of NaCl salinity on yield components of some wheat accessions/varieties. Int. J. Agr. Bio, 4, 156–158.

45. Munns, R. & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. Annu Rev Plant Biol, 59, 651–681. doi: 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911.

46. Munns, R. (2005). Genes and salt tolerance: bringing them together. New Phytol., 167, 645–663. doi: 10.1111/j.1469-8137.2005.01487.x

47. Munns, R. Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environ, 2002, 25, 239–250. doi: 10.1046/j.0016-8025.2001.00808.x

48. Pandey, A. & Mann, M. (2000). Proteomics to study genes and genomes. Nature, 2000, 405 (6788), 837–846. doi: 10.1038/35015709

49. Park, E.J., Jeknic, Z. & Chen, T.H. (2006). Exogenous application of glycinebetaine increases chilling tolerance in tomato plants. Plant and Cell Physiology, 47(6), 706–714. doi: 10.1093/pcp/pcj041

50. Pererva, V. V. (2019). Analiz solestiikosti roslyn morfometrychnym metodom [Analysis of salt resistance of plants by the morphometric method]. Abstracts of I International Scientific and Practical Conference Osaka, Japan, 157–160.

51. Qiu, Q. S., Guo Y., Dietrich, M. A., Schumaker, K.S. & Zhu, J.K. (2002). Regulation of SOS1, a plasma membrane Na^+/H^+ exchanger in Arabidopsis thaliana, by SOS2 and SOS3 Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 99(12), 8436–8441. doi: 10.1073/pnas.122224699

52. Qiu, Q. S., Guo, Y., Dietrich, M. A., Schumaker, K.S. & Zhu, J.K. (2002). Regulation of SOS1, a plasma membrane Na^+/H^+ exchanger in Arabidopsis thaliana, by SOS2 and SOS3. Proceedings of the Nationgal Academy of Sciences of the United States of America, 99(12), 8436–8441. doi: 10.1073/pnas.122224699

53. Raza, S.H., Athar, H.R., Ashraf, M. & Hameed, A. (2007). Glycine betaine-induced modulation of antioxidant enzymes activities and ion accumulation in two wheat cultivars differing in salt tolerance. Environmental and Experimental Botany, 60(3), 368–376

54. Roxas, V.P., Lodhi, S.A., Garrett, D.K., Mahan, J.R. & Allen, R.D. (2000). Stress tolerance in transgenic tobacco seedlings that overexpress glutathione S-transferase/glutathione peroxidase. Plant and Cell Physiology, 41(11), 1229–1234 doi: 10.1093/pcp/pcd051

55. Sairam, R.K. & Srivastava, G. C. (2002). Changes in antioxidant activity in sub-cellular fractions of tolerant and susceptible wheat genotypes in response to long term salt stress. Plant Sci, 2002, 162, 897–904. doi: 10.1016/S0168-9452(02)00037-7

56. Shabala, L., Cuin, T.A., Newman, I.A. & Shabala, S. (2005). Salinity-induced ion flux patterns from the excised roots of Arabidopsis SOS mutants. Planta, 222(6), 1041–1050

57. Shi, H. & Zhu, J.K. (2002). SOS4, a pyridoxal kinase gene, is required for root hair developmennt in Arabidopsis. Plant Physiology, 129(2), 585–593. doi: 10.1104/pp.001982

58. Shi, H., Ishitani, M., Kim, C. & Zhu, J.K. (2000). The Arabidopsis thaliana salt tolerance gene SOS1 encodes a putative Na^+/H^+ antiporter. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2000, 97(12), 6896–6901. doi: 10.1073/pnas.120170197

59. Shi, H., Kim, Y.S., Guo, Y., Stevenson, B. & Zhu, J.K. (2003). The Arabidopsis SOS5 locus encodes a putative cell surface adhesion protein and is required for normal cell expansion. Plant Cell, 15(1), 19–32. doi: 10.1105/tpc.007872
60. Shi, H., Xiong, L., Stevenson, B., Lu, T. & Zhu, J.K. (2002). The Arabidopsis salt overly sensitive 4 mutants uncover a critical role for vitamin B6 in plant salt tolerance. Plant Cell, 14(3), 575–588. doi: 10.1105/tpc.010417
61. Shi, Yuanchun (1996). Saline-alkali soil improvement. Diagnosis, management and improvement. Beijing: Agriculture Press, 153
62. Shigeoka, S., Ishikawa, T., Tamoi, M., Miyagawa, Y., Takeda, T., Yabuta, Y. & Yoshimura, K. (2002). Regulation and function of ascorbate peroxidase isoenzymes. Journal of Experimental Botany, 53(372), 1305–1319. doi: 10.1093/jexbot/53.372.1305
63. Skliar, V. H. (2015). Ekolohichna fiziolohiia roslyn [Ecological physiology of plants]. Sumy: Universytetska knyha, 271 (in Ukrainian).
64. Smirnoff, N. & Cumbes, Q. J. (1989). Hydroxyl radical scavenging activity of compatible solutes. Phytochemistry, 28(4), 1057–1060. doi: 10.1016/0031-9422(89)80182-7
65. Suga, S., Komatsu, S. & Maeshima, M. (2002). Aquaporin isoforms responsive to salt and water stresses and phytohormones in radish seedlings. Plant and Cell Physiology, 43(10),1229–1237. doi: 10.1093/pcp/pcf148
66. Tamura, T., Hara, K., Yamaguchi, Y., Koizumi, N. & Sano, H. (2003). Osmotic stress tolerance of transgenic tobacco expressing a gene encoding a membrane-located receptor-like protein from tobacco plants. Plant Physiology, 131(2), 454–462. doi: 10.1104/pp.102.011007
67. Tanaka, N. & Mitsui, S. (2005). Expression and function of proteins during development of the basal regior in rice seedlings. Molecular and Cell Proteomics, 4(6), 796–808. doi: 10.1074/mcp.M400211-MCP200
68. Tanaka, N., Mitsui, S., Nobori, H., Nobori, H. & Komatsu, S. (2005). Expression and function of proteins during development of the basal region in rice seedlings. Molecular and Cell Proteomics, 4(6), 796–808. doi: 10.1074/mcp.M400211-MCP200
69. Vaidyanathan, H., Sivakumar, P., Chakrabarty, R. & Thomas, G. (2003). Scavenging of reactive oxygen species in NaCl-stressed rice (Oryza sativa L.) – differential response in salt-tolerant and sensitive varieties. Plant Science, 165(6), 1411–1418. doi: 10.1016/j.plantsci.2003.08.005
70. Wang, J., Zhang, H. & Allen, R.D. (1999). Over expression of an Arabidopsis peroxisomal ascorbate peroxidase gene in tobacco increases protection against oxidative stress. Plant and Cell Physiology, 40(7), 725–732.
71. Wu, S. J, Ding, L. & Zhu, J. K. (1996). SOS1, a genetic locus essential for salt tolerance and potassium acquisition. Plant Cell, 8(4), 617–627. doi: 10.1105/tpc.8.4.617
72. Yamada, S., Katsuhara, M. & Kelly, W. B. (1995). A family of transcripts encoding water channel proteins: tissue-specific expression in the common ice plant. Plant Cell, 7, 1129–1142. doi: 10.1105/tpc.7.8.1129
73. Yamaguchi, T. & Blumwald, E. (2005). Developing salt-tolerant crop plants: challenges and opportunities. Trends Plant Sci., 10, 615–620. doi: 10.1016/j.tplants.2005.10.002
74. Yazici, I., Türkan, I., Sekmen, A.H. & Demiral, T. (2007). Salinity tolerance of purslane (*Portulaca oleracea* L.) is achieved by enhanced antioxidative system, lower level of lipid peroxidation and proline accumulation. Environmental and Experimental Botany, 61(1), 49–57. doi: 10.1016/j.envexpbot.2007.02.010
75. Yoshiba, Y., Kiyosue, T., Kataggiri, T., Ueda, H., Mizoguchi, T., Yamaguchi-Shinozaki, K., Wada, K., Harada, Y. & Shinozaki, K. (1995). Correlation between the induction of a gene for A-pyrroline-5-carboxylate synthetase and accumulation of proline in Arabidopsis thaliana under osmotic stress. Plant Journal, 7(5), 751–760. doi: 10.1046/j.1365-313x.1995.07050751.x
76. Zhang, Xiaolei., Nie, Yuzhe & Li, Yuhua (2008). Cell signal transduction in plants under salt stress. Biotechnology Communications, 19(3), 468–471.
77. Zhao, Kefu (1995). Halophytes of China. International Symposium on High Salinity Tolerant Plants Volume: Biology of Salt Tolerant Plants, 284–293.
78. Zhu, H. & Suyder, M. (2003). Protein chip technology. Current Opininon in Chemical Biology, 7(1), 55–63. doi: 10.1016/S1367-5931(02)00005-4
79. Zhu, J. K. (2001). Plant salt tolerance. Trends in Plant Science, 2001, 6 (2), 66–71 doi: 10.1016/S1360-1385(00)01838-0
80. Zhu, J. K. Regulation ofion homeostasis under salt stress (2003). Curr Opin Plant Biol, 6, 441. doi: 10.1016/s1369-5266(03)00085-2
81. Zhu, J.K. (2001). Plant salt tolerance. Trends in Plant Science, 6(2), 66–71. doi: 10.1016/S1360-1385(00)01838-0
82. Zhu, J.K. Regulation of ion homeostasis under salt stress (2003). Current Opininon in Plant Biology, 6(5), 441–445. doi: 10.1016/S1369-5266(03)00085-2

He Songtao, *PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine*

Physiological and biochemical aspects of the response of plants to soil salinin (overview)

At the current stage, about 20% of the world's arable lands are subject to salinization, and the annual losses of world agriculture due to the spread of such lands reach about 12 billion dollars. Establishing the mechanisms underlying the adaptation of plants to this environmental factor is an urgent scientific problem, important from both a theoretical and a practical point of view. The publication, based on the analysis of literary sources, provides information on the physiological and biochemical aspects of the response of plants to soil salinity. The changes that occur in the plant under the influence of salt stress and in the process of counteracting it are highlighted. It is noted that osmotic stress can occur in plants against the background of salinity. This changes water-related parameters, including cell water content, water potential, and osmotic potential. There

is a decrease in the rate of leaf growth, a change in the state of the stomata and the process of photosynthesis, and the growth of shoots is inhibited. The accumulation of a large number of salt ions forces plants to use more energy to absorb water from the soil and maintain internal homeostasis. It was noted that under the influence of salt stress, the accumulation of reactive oxygen species increases and oxidative damage to cells and their structures occurs. This negatively affects the stability of proteins. Peroxidation of membrane lipids is also a marker of oxidative damage to plants under salt stress conditions. It is shown that studies of the mechanism of adaptation of plants to stress have moved from the physiological and ecological level to the molecular level. At the same time, five salt tolerance genes (SOS1-SOS5) were identified. It has been proven that the means of overcoming oxidative stress is the activation of antioxidant enzymes and the synthesis of protective proteins, in particular LEA proteins, which have the ability to counteract dehydration and protect cells against osmotic stress. The given facts prove that the response of plants to the effect of high concentrations of salts is complex and complex and includes many coordinated processes. A number of them are still under active study. Therefore, the success of elucidating the mechanisms of salt resistance of plants is closely related to the general development of science. At the current stage, the level of detail in solving the problem has significantly increased thanks to the use of the latest methods and technologies, including those that make it possible to reveal the essence of adaptation processes, starting from the molecular level and the implementation of genetic control.

Key words: *soil salinity, halophytes, salt stress, osmotic stress, adaptation.*